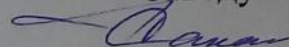


Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНЖЕНЕРНО – СТРОИТЕЛЬНЫЙ
институт
ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой



Г.В. Сакаш

подпись

инициалы, фамилия

« 13 » 06 2017 г.

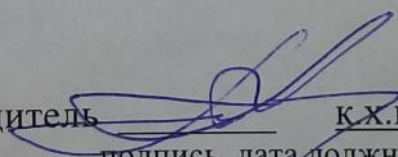
БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

08.03.01.00.06 «Водоснабжение и водоотведение»

код – наименование направления

Водоснабжение промышленного предприятия из поверхностного источника
тема

Руководитель

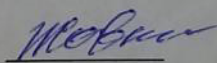


к.х.н. профессор

Т.И.Халтурина

подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник



13.06.2017 г.

Т.В.Жавнер

подпись, дата

инициалы, фамилия

Красноярск 2017

РЕФЕРАТ

выпускной квалификационной работы студентки заочного отделения кафедры Инженерных систем зданий и сооружений ИСИ Жавнер Татьяны Викторовны по теме «Водоснабжение промышленного предприятия из поверхностного источника».

Выпускная квалификационная работа содержит пояснительную записку объемом 71 страниц, из них основного текста 56 стр. и 16 стр. приложения, 6 листов графической части.

Цель работы: Разработка системы водоснабжения промышленного предприятия, находящегося в республике Башкортостан. Общее водопотребление промышленного предприятия 5000 м³/сут. Источником водоснабжения приняты поверхностные воды реки Белая.

Существо работы заключалось:

- в расчете и проектировании руслового водозабора, совмещенного с насосной станцией I подъема;

- в расчете и проектировании станции водоподготовки и насосной станции II подъема, так как качество воды в источнике не соответствует требованиям предъявленным к качеству воды предприятия, то предусматривается очистка воды на осветлителях со взвешенным слоем осадка и скорых фильтрах. Первичное и вторичное обеззараживание воды осуществляется раствором NaClO, полученным путем электролиза NaCl ;

- в гидравлическом расчете сетей ;

- в определении технико-экономических показателей.

В выпускной квалификационной работе применены прогрессивные технические решения:

1. Приняты трубы, которые выполнены из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом. Преимущество: 80-100 и более лет работы; меньшая аварийность по сравнению с трубами из других материалов; высокая скорость прокладки и легкость монтажа; отсутствие коррозии и зарастания внутренней поверхности труб, сохранение качества транспортируемой воды; ударная прочность; пластичность, хладостойкость.

2. Использование оксихлорида алюминия позволяет снизить дозу вводимого коагулянта в 2 раза; уменьшить время коагуляции в 1,5-3,0 раза; дает возможность эффективно очищать воду в широком диапазоне температур; исключает применение дополнительных реагентов для корректировки pH среды.

3. Оборудование осветлителей со взвешенным слоем осадка рециркуляторами позволит улучшить качество очищаемой воды, значительно снизить расход коагулянта и ускорить осаждение скоагулированной взвеси.

Работа направлена на реализацию мероприятий по рациональному использованию водных ресурсов.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Раздел технологической части ВКР.....	6
1.1 Расчетный расход водоприемных сооружений.....	6
1.1.1 Расчет фильтрующего оголовка.....	6
1.1.2 Расчет насосной станции I подъема.....	8
1.1.3 Расчет насосной станции второго подъема.....	8
1.2 Расчет очистных сооружений.....	10
1.2.1 Реагентное хозяйство.....	10
1.2.2 Расчет устройств для приготовления и дозирования раствора реагентов.....	10
1.2.3 Применение полиакриламида для интенсификации процессов осветления и обесцвечивания воды.....	10
1.2.4 Определение размеров растворных и расходных баков для коагулянта.....	11
1.2.5 Расчет воздуходувок и воздухопроводов.....	12
1.2.6 Подбор насоса для дозирования коагулянта.....	14
1.2.7 Обработка флокулянтном.....	14
1.2.8 Электрохимическое хлорирование.....	15
1.2.9 Расчет смесителя.....	19
1.2.10 Интенсификация процесса коагуляции.....	20
1.2.11 Расчет осветлителей.....	23
1.2.12 Распределение воды.....	26
1.2.13 Сбор осветленной воды.....	27
1.2.14 Сбор осадка в осадкоуплотнителе.....	38
1.2.15 Отвод воды из осадкоуплотнителя.....	29
1.2.16 Отвод осадка из осадкоуплотнителя.....	31
1.2.17 Расчет тонкослойных элементов.....	31
1.2.18 Реконструкция осветлителей со взвешенным слоем осадка.....	33
1.2.19 Расчет скорых фильтров.....	34
1.2.20 Распределительная система фильтров.....	36
1.2.21 Отвод воды при промывке фильтров.....	37
1.2.22 Потери напора при промывке фильтра.....	39
1.2.23 Расчет вертикальных отстойников.....	41
1.2.24 Расчет вертикального отстойника со встроенной водоворотной камерой хлопьеобразования.....	42
1.2.25 Расчет тонкослойных элементов.....	44
1.3 Гидравлический расчет сетей.....	45
1.3.1 Расчетные расходы воды.....	45
1.3.2 Трассировка сети. Выбор материала труб.....	47
1.3.3 Гидравлический расчет сетей.....	48
2 Технико-экономический расчет.....	52
2.1 Общие положения.....	52
Заключение.....	54

Список использованных источников.....	55
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	56

ВВЕДЕНИЕ

Ни одно предприятие не может работать без воды. Вода на промышленных предприятиях требуется на хозяйственно-питьевые нужды, на пожаротушение, а также для осуществления технологических процессов. Количество и качество воды, нужное каждому предприятию, определяется масштабом и характером его технологических процессов. Эффективность работы любого промышленного предприятия во многом зависит от организации снабжения его водой нужных параметров.

Как правило, в качестве источников воды для предприятий используются открытые источники воды – реки, озера, подземные воды используются намного реже. Это связано с ограниченным количеством водоносных горизонтов, с уровнем водоотдачи, способным дать полное обеспечение водных потребностей крупного предприятия, а также распространенным использованием вод из подземных источников для хозяйственно-питьевых потребностей населения и предприятий промышленности.

Главной задачей современного промышленного водоснабжения является увеличение объемов повторно используемой воды на предприятиях всех отраслей промышленности.

Специфика некоторых предприятий предполагает снабжение водой качеством выше качества питьевой. Качество питьевой воды определяется санитарными нормами. Для достижения необходимого уровня качества вода из поверхностных водоемов и рек подвергается специальной очистке. Помимо отработанной производственной воды после очистки, водоснабжение промышленных предприятий может быть осуществлено за счет надлежащим образом очищенных городских стоков.

Система водоснабжения промышленного предприятия это система сооружений, оборудования и трубопроводов, обеспечивающих забор воды из природного источника, очистку и ее обработку, транспортирование и подачу воды потребителям нужных расходов и качества.

Требования к качеству воды хозяйственно-питьевого назначения и воды, идущей на технические цели (технической воды) разные. Поэтому на многих промышленных предприятиях сооружают отдельную объединенную систему хозяйственно-питьевого и противопожарного водоснабжения и отдельную систему технического водоснабжения.

1 Раздел технологической части ВКР

1.1 Расчетный расход водоприемных сооружений

Водозаборное сооружение предназначено для забора и подачи воды на промпредприятие для производственного водоснабжения.

Расход производственной воды на предприятии равен 87 л/сек.

Водозаборные сооружения рассчитаны на расход 180 л/сек с учетом перспективного развития предприятия – строительства второй очереди.

1.1.1 Расчет фильтрующего оголовка

Исходя из геологических и гидрогеологических условий, в проекте принимаем русловой совмещенный водозабор. Место забора воды принимаем в районе, который обеспечивает организацию санитарной охраны зон.

Принятые водоприемные сооружения относятся ко II категории надежности подачи воды системами водоснабжения.

В проекте принимаем оголовок фильтрующего типа, с устройством слоя фильтра по условиям рыбозащиты.

Вода поступает во внутрь оголовка сверху. Во избежание попадания дополнительных загрязнений предусмотрено два слоя фильтра. Толщина каждого слоя 150 мм. Первый слой состоит из щебня $d=40\div50$ мм; второй – из щебня $d=20\div30$ мм. Поддерживающий слой выполнен из досок.

Определение размеров и площади водоприемных элементов производим при одновременной работе всех секций (кроме резервных) по формуле:

$$\Omega = 1,25 \frac{q_p \times K_{ст}}{v_{BT}}, \quad (1.1)$$

где $v_{BT} = 0,1 \text{ м}^3/\text{с}$ – скорость втекания в водоприемные отверстия, м/с;

1,25 – коэффициент, учитывающий засорения отверстий;

$q_p = 0,09 \text{ м}^3/\text{с}$ – расчетный расход одной секции;

$K_{ст}$ – коэффициент, который учитывает стеснения отверстий стержнями решетки.

$$K_{ст.} = \frac{1}{p_\phi} = \frac{1}{0,5} = 2, \quad (1.2)$$

где $p_\phi = 0,5 \text{ м}$ – коэффициент пористости фильтра, принимаем для гравийно-щебеночных фильтров 0,3–0,5 м.

$$\Omega = 1,25 \times \frac{0,09 \times 2}{0,1} = 2,5 \text{ м}^2.$$

Принимаем две секции с $\Omega = 2,5 \text{ м}^2$. В каждой секции принимаем по два входных окна с размерами 1250 x 1000 мм.

Определим коэффициент фильтрации

$$K_{\phi.} = 18p\sqrt{d}, \quad (1.3)$$

где $d=0,03\text{м}$ – средний размер зерен;

$$K_{\phi.} = 18 \cdot 0,5 \sqrt{0,03} = 1,6.$$

Расчетный градиент определяем по формуле

$$J = \left(\frac{V}{K_{\phi}} \right)^2 = \left(\frac{0,1}{1,6} \right)^2 = 0,0039, \quad (1.4)$$

Тогда потери напора в фильтре будут равны

$$h_{\phi} = \Delta h_{\phi}^I + \Delta h_{\phi}^{II} = J(e_{\phi}^I + e_{\phi}^{II}) = 0,0039 \times 0,3 = 0,0012 \text{ м}, \quad (1.5)$$

где $e_{\phi}^I, e_{\phi}^{II}$ – толщина соответственно первого и второго слоев.

Потери напора в вихревой камере

$$h_{\kappa} = \xi \frac{v_{\kappa}^2}{2g}, \quad (1.6)$$

где $\xi=3$ – коэффициент сопротивления вихревой камеры;

$v_{\kappa} = 1 \text{ м/с}$. – скорость движения воды в камере.

$$h_{\kappa} = 3 \frac{1^2}{2 \times 9,81} = 0,15 \text{ м}.$$

Потери в выходном колене оголовка определяются по формуле (1.6) с учетом скорости движения в колене, равной $v=1,1 \text{ м/с}$ и $\xi=0,5$.

$$h_{\text{кол.}} = 0,5 \frac{1,1^2}{2 \times 9,81} = 0,03 \text{ м}, \quad (1.7)$$

Суммарные потери напора в оголовке

$$\sum h_{oc.} = h_{\phi} + h_{\kappa} + h_{\kappa ol} = 0,0012 + 0,15 + 0,03 = 0,18 м, \quad (1.8)$$

1.1.2 Расчет насосной станции I подъема

Необходимый напор насосов I-го подъема равен

$$H_I = (z_{oc} - z_{min}) + 1.1h_{вод} + h_{св} + h_{см} + 1,5, \quad (1.9)$$

где $z_{oc}=172,0$ м – отметка поверхности земли у водоочистной станции;

$z_{min}=160,0$ м – отметка минимального горизонта воды в реке;

$h_{св}=2,0$ м – свободный напор у смесителя;

$h_{см}=6,30$ м – высота от уровня воды в смесителе до поверхности земли;

$h_{вод}=25,2$ м – потери напора в водоводе.

$$H_I = (172 - 160) + 2,5 + 6,3 + 2 = 22,8 м.$$

Необходимая подача насосов первого подъема $q_H=180$ л/сек = 648 м³/час. Принимаем насосы типа Д 320 – 50 – 2 рабочих и 1 резервный со следующими характеристиками:

Подача $Q=320$ м³/час;

Напор $H=50$ м;

Частота вращения $n=1450$ об/мин;

Мощность электродвигателя $N_H=75,0$ кВт;

Масса агрегата 1852 кг.

Для создания вакуума во всасывающих линиях насосов принимаем вакуумную установку. Она рассчитывается на работу в течение 10 мин.

Принимаем вакуум-насос типа ВВН-1-0,75 – 1 рабочий и 1 резервный со следующими характеристиками:

Номинальная производительность $0,75$ м³/мин = $0,0125$ м³/сек;

Давление всасывания = $0,04$ МПа = $0,4$ кгс/см²;

Давление нагнетания = $0,1013$ МПа = $1,0$ кгс/см²;

Мощность электродвигателя $N_H = 2,2$ кВт;

Частота вращения $n = 1425$ об/мин;

Масса насоса не более 50 кг, масса агрегата не более 90 кг.

1.1.3 Расчет насосной станции второго подъема

Для подачи воды в производственную сеть промпредприятия необходимо сооружение насосной станции II-го подъема.

Насосную станцию II-го подъема относим ко II категории надежности действия (СНиП 02.0402-84* Актуализированное издание).

Полный напор, который должны обеспечивать насосы станции, принимаем равным

$$H_{II} = (Z_{ДТ} - Z_{ОН}) + h_{CB} + \Sigma h_C, \quad (1.10)$$

где $z_{ДТ} = 171,50$ м – отметка поверхности земли в самой неблагоприятной точке сети;

$z_{ОН} = 170,23$ м – отметка оси насоса;

$h_{CB} = 5,0$ м – свободный напор у оборудования;

h_C – потери напора в производственной сети.

$$h_C = h_L + h_H + h_B, \quad (1.11)$$

где $h_L = 27,5$ м – потери напора по длине;

$h_M = 0,3h_L$ – потери напора на местные сопротивления;

h_B – потери напора в водоводе.

$$h_M = 0,3 \cdot 27,5 = 8,25 \text{ м.}$$

$$h_B = 20,7 \cdot 0,095 = 1,97 = 2,0 \text{ м.}$$

От насосной станции второго подъёма проектируются две нитки водоводов из чугунных труб.

Расход воды на один водовод

$$q_1 = \frac{q}{2} = \frac{93}{2} = 47 \text{ л/сек}, \quad (1.12)$$

$$d = 200 \text{ мм};$$

$$V = 1,55 \text{ м/сек};$$

$$1000 \cdot i = 20,7 \text{ м};$$

$$L = 95 \text{ м.}$$

$$H_{II} = 171,5 - 170,23 + 227,5 + 8,25 + 5 + 2 = 44,0 \text{ м.}$$

Необходимая производительность насосов второго подъёма $q_H = 180$ л/сек.

Принимаем насосы типа Д 320 – 50 – 2 рабочих и 1 резервный с характеристиками:

$$\text{Подача } Q = 320 \text{ м}^3/\text{час};$$

$$\text{Напор } H = 50 \text{ м};$$

$$\text{Частота вращения } n = 1450 \text{ об/мин};$$

$$\text{Мощность электродвигателя } N_H = 75,0 \text{ кВт};$$

$$\text{Масса агрегата } 1852 \text{ кг.}$$

1.2 Расчет очистных сооружений

Таблица – 1.1 Производительность очистных сооружений

$Q_{\text{сут}}, \text{ м}^3/\text{сут}$	$Q_{\text{час}}, \text{ м}^3/\text{час}$	$Q_{\text{сек}}, \text{ м}^3/\text{с}$
5000	312,5	0,0868

1.2.1 Реагентное хозяйство

Реагентное хозяйство включает в себя цех коагулянта, полиакриламида и хлораторную установку.

1.2.2 Расчет устройств для приготовления и дозирования раствора реагентов

Доза коагулянта принимается в расчете на безводное вещество.

При обработке цветных вод дозу коагулянта $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ определяется по [1, п.6,16] по формуле

$$D_k = 4\sqrt{C} = 4\sqrt{20} = 17,8 \text{ мг} / \text{дм}^3, \quad (1.13)$$

где C – максимальная цветность обрабатываемой воды, град.

При одновременном содержании в воде взвешенных веществ и цветности принимается большая из доз коагулянта. Дозу коагулянта при обработке мутных вод определяем по табл. 16 [1].

При мутности от 201÷400 мг/дм³; $D_k=35\div45$ мг/дм³ для $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

Поскольку оксихлорид алюминия имеет определенное преимущество в сравнении с сульфатом алюминия, то принимаем дозу коагулянта $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ $D_k=20$ мг/дм³.

1.2.3 Применение полиакриламида для интенсификации процессов осветления и обесцвечивания воды

Процесс осветления (коагулирования и осаждения взвеси) можно ускорить при помощи высокомолекулярных флокулянтов, в частности, полиакриламида (ПАА). Использование флокулянтов позволяет снизить дозу коагулянта.

При добавке ПАА повышается ускорение слипания агрегативно неустойчивых твердых частиц. Ускоряющее действие полиакриламида вызвано адсорбцией его молекул на частицах взвеси и хлопьях коагулянта, что ведет к их быстрейшему укрупнению и ускоряет осаждение.

Существуют два основных способа ввода полиакриламида:

- 1) перед фильтрами (или контактными осветлителями);
- 2) перед отстойниками или осветлителями со взвешенным осадком.

Технический полиакриламид — прозрачный, бесцветный (или желто-коричневый), вязкий и тягучий гель, который содержит 7-9 % полимера, перевозится в деревянных бочках емкостью нетто 100-450 кг. Бочки с ПАА нужно хранить при плюсовых температурах (но не выше 25°C) в вертикальном положении, загрузочным люком вверх.

ПАА вводят в воду после коагулянта перед осветлителями.

Дозу ПАА принимаем в зависимости от содержания взвешенных веществ и цветности воды по СНиП 2.04.02-84* Актуализированное издание.

$$D_{ПАА} = 0,4 \text{ мг} / \text{дм}^3, \quad (1.14)$$

Технический полиакриламид растворяют в водопроводной воде с применением быстроходных мешалок.

Производительность одной мешалки для приготовления раствора ПАА определяется по формуле

$$q_m = \frac{Q \times D_{ПАА}}{n \times 1000}, \quad (1.14)$$

где $Q=5000 \text{ м}^3/\text{сут}$ – производительность очистной станции;

$n=16$ час – производительность работы станции в течении суток.

$$q_m = \frac{5000 \times 0,4}{16 \times 1000} = 0,125 \text{ кг} / \text{час}.$$

1.2.4 Определение размеров растворных и расходных баков для коагулянта

Коагулянт $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ доставляется на станцию автосамосвалами и сгружается в железобетонные баки хранилища. Емкость баков хранилищ принята $1,8 \text{ м}^3$ на 1 т коагулянта.

Месячный запас коагулянта равен

$$Q_{\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}} = \frac{D_k \times Q_{\text{см}} \times 30}{1000 \times 1000} = \frac{20 \times 5000 \times 30}{1000 \times 1000} = 3,0 \text{ т}. \quad (1.16)$$

Емкость растворного бака равна

$$W_{\text{р-х}} = 1,8 \times 3,0 = 5,4 \text{ м}^3 \approx 6 \text{ м}^3. \quad (1.17)$$

Емкость баков-хранилищ равна

$$W_{\text{х-л}} = 1,8 \times 3,0 = 5,4 \text{ м}^3 \approx 6 \text{ м}^3. \quad (1.18)$$

Принимаем два бака – хранилища емкость каждого по 3 м³.

Принимаем размеры баков – хранилищ коагулянта: 1,8 х 1,8 х 1,0 м.

Из баков – хранилищ крепкий раствор коагулянта забирается при помощи поплавка и перепускается в расходные баки, где разбавляется водой до 5 %-ного раствора.

Емкость расходных баков равна

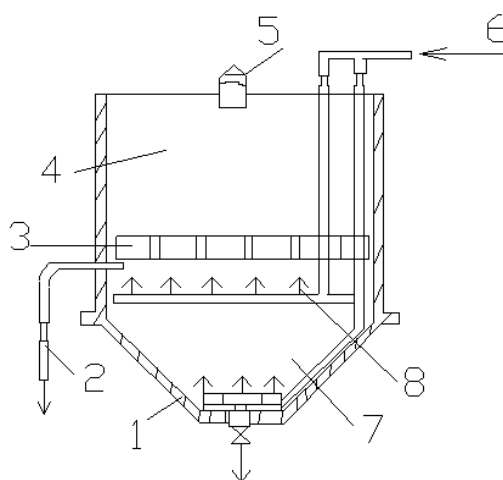
$$W_p = \frac{e_p \times W}{e} = \frac{10 \times 0,9}{5} = 1,8 \text{ м}^3 = 2 \text{ м}^3, \quad (1.19)$$

где $e_p=10\%$ – концентрация раствора коагулянта в баке – хранилище;

$W=0,9 \text{ м}^3$ – емкость баков;

$e=5\%$ – концентрация раствора коагулянта в расходных баках.

Принимаем два расходных бака и один растворный бак (рисунок 1.1) и один резервный. Высота бака $h=1,2 \text{ м}$. Размер каждого бака в плане $0,8 \times 1,4 \text{ м}$.



1– ж/б резервуар; 2– отвод раствора коагулянта; 3– колосниковая решетка; 4– пуски коагулянта; 5– подача воды; 6– подача воздуха; 7, 8 – верхняя и нижняя воздухораспределительная система.

Рисунок 1.1 – Бак для растворения коагулянта с подводом сжатого воздуха

1.2.5 Расчет воздуходувок и воздухопроводов

Для ускорения процессов растворения коагулянта и смешивания раствора в растворных и расходных баках предусматривается подача сжатого воздуха.

Принимаем интенсивность подачи воздуха в расходные баки $w_2=5 \text{ л/с} \cdot \text{м}^2$.

Расчетные расходы воздуха для расходного бака при его площади 3 м^2 .
Общий потребный расход воздуха составит

$$Q_B = F \times \omega = 7.3 \times 5 = 36.5 \text{ л/сек} = 2,1 \text{ м}^3 / \text{мин}, \quad (1.20)$$

Принимаем две воздуходувки (одну рабочую и одну резервную) марки ВК-3 производительностью $W=3,1 \text{ м}^3/\text{мин}$, с мощностью электродвигателя 7,5 кВт, с габаритными размерами 1225x527x990 мм.

Скорость движения воздуха в трубопроводе диаметром $d=80 \text{ мм}=0,08 \text{ м}$ при давлении $p=1,5 \text{ кгс/см}^2$ определяем по формуле

$$v = \frac{W}{60 \cdot (\rho + 1) \cdot 0,785 \cdot d^2}, \quad (1.21)$$

где W – производительность воздуходувки в $\text{м}^3/\text{мин}$;

p – давление в воздухопроводе;

d – диаметр воздухопровода в м.

$$v = \frac{3,1}{60 \cdot (1,5 + 1) \cdot 0,785 \cdot 0,08^2} = 3,2 < 15 \text{ м/сек}.$$

Для определения потерь давления в воздухопроводе принимаем удельный вес сухого воздуха $\gamma = 1,917 \text{ кг/м}^3$ при давлении $p=1,5 \text{ кгс/см}^2$ и температуре 0°C .

Вес воздуха, проходящего через трубопровод

$$G = W \cdot 60 \cdot \gamma, \quad (1.22)$$

где G – вес воздуха, проходящего через трубопровод в течение 1 ч, в кг/ч;

l – длина воздухопровода в м;

d – диаметр труб в мм;

γ – удельный вес сухого воздуха.

$$G = 3,1 \cdot 60 \cdot 1,917 = 356,5 \text{ кг/ч}.$$

Потери давления воздуха при длине воздухопровода 20 м определяются по формуле

$$p_1 = \frac{12,5 \cdot \beta \cdot G^2 \cdot l}{\gamma \cdot d^5}, \quad (1.23)$$

где β – коэффициент сопротивления.

$$p_1 = \frac{12,5 \cdot 1,2 \cdot 356,5^2 \cdot 20}{1,917 \cdot 80^5} = 0,006 \text{ кгс/см}^2 = 0,006 \text{ ат}.$$

Потери напора в фасонных частях воздухопровода при наличии семи прямоугольных колен, для которых $\Sigma\zeta=1,5\cdot7=10,5$, определяются по формуле

$$p_2=0,063\cdot v^2\cdot\Sigma\zeta, \quad (1.24)$$

$$p_2 = 0,063\cdot3,2^2\cdot10,5 = 6,7 \text{ ат.}$$

1.2.6 Подбор насоса для дозирования коагулянта

Для дозирования раствора коагулянта $Al_2(OH)_5Cl\cdot6H_2O$ принимаем насос-дозатор, производительность которого равна

$$Q_n = \frac{0,1 \times Q_{\text{час}} \times D_k}{\epsilon_p \times \gamma}, \quad (1.25)$$

где $D_k=20\text{г/м}^3$ – доза коагулянта;

$\epsilon_p=5\%$ - концентрация раствора коагулянта;

$\gamma=1,047\text{г/м}^3$ – удельный вес единицы раствора, зависящий от концентрации.

$$Q_n = \frac{0,1 \times 312,5 \times 20}{5 \times 1,047} = 119,4 \text{ м}^3 / \text{час.}$$

Принимаем насос-дозатор типа НД – 100/10 – 2 рабочих и 1 резервный.
Характеристики:

Подача $Q = 100 \text{ м}^3/\text{час}$;

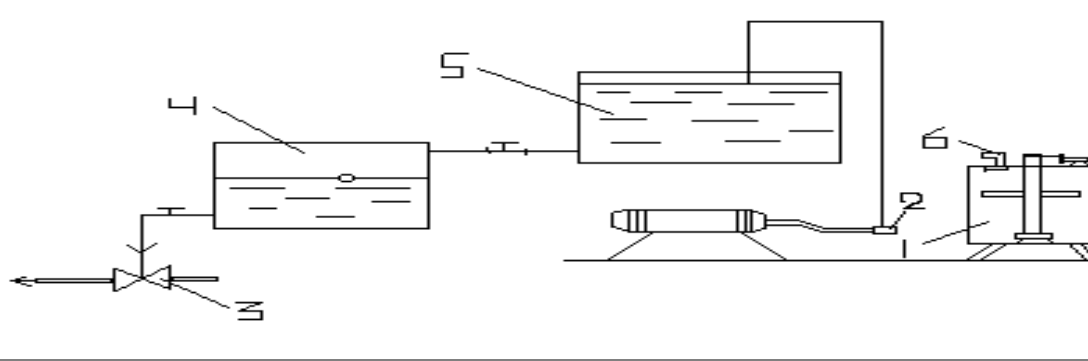
Напор $H = 10 \text{ атм}$;

Электродвигатель мощностью 0,27 кВт;

Масса 20 кг.

1.2.7 Обработка флокулянтom

Полиакриламид хранится в таре на складе, вмещающем 30-дневный запас реагента. Узел приготовления ПАА приведен на рисунке 1.2.



1– бак с мешалкой на вертикальной оси; 2–перекачивающий циркулирующий насос; 3–эжектор; 4–дозировочное устройство; 5–бак раствора ПАА; 6–подача воды

Рисунок 1.2 – Узел приготовления ПАА

Определим емкость бака мешалки по формуле

$$W_m = \frac{Q_{\text{час}} \times n \times D_{\text{ПАА}}}{1000 \times v_{\text{ПАА}} \times \gamma}, \quad (1.26)$$

где $Q_{\text{час}}$ – производительность мешалки – кг/час;

$D_{\text{ПАА}} = 0,4 \text{ г/м}^3$ – доза ПАА;

$n = 8 \text{ час}$ – время, за которое приготавливается раствор;

$v_{\text{ПАА}} = 1\%$ – концентрация рабочего раствора ПАА;

$\gamma = 1 \text{ т/м}^3$ – объемный вес раствора флокулянта.

$$W_m = \frac{6 \times 8 \times 0,4}{1000 \times 0,1 \times 1} = 19,2 \text{ м}^3.$$

Принимаем лопастную мешалку конструкции ПКБ АКХ емкостью 1200 м^3 .

Принимаем расходный бак размерами $1,5 \times 1,5 \times 1 \text{ м}$.

Раствор ПАА из лопастной мешалки перекачивается в расходный бак насосом марки СД 25/14.

Подача $Q = 25 \text{ м}^3 / \text{час}$.

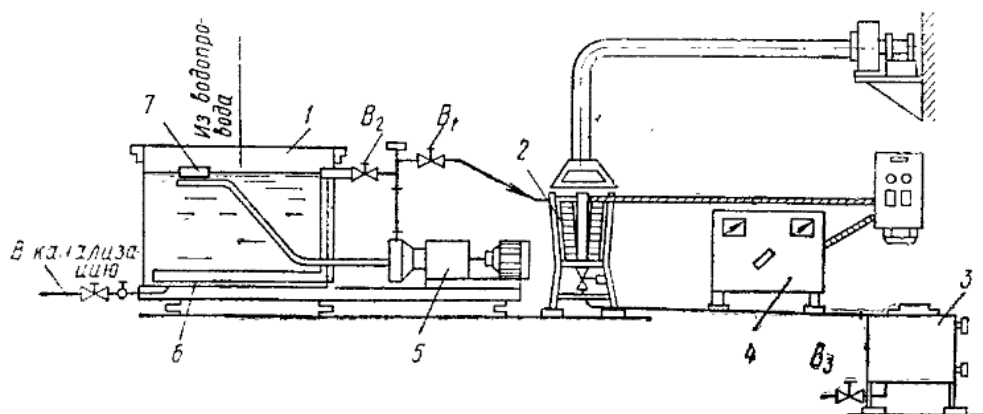
Расходные баки оборудованы дозаторами постоянного расхода поплавкового типа.

1.2.8 Электрохимическое хлорирование

Обеззараживание воды электролитическим гипохлоритом натрия – один из видов хлорирования.

Эффективность обеззараживания воды зависит от температуры только при введении малых доз гипохлорита натрия. Продукты электролиза в некоторой степени способствуют ускорению процессов коагулирования и осаждения взвешенных веществ.

Схема электролизной установки приведена на рисунке 1.3.



1 – растворный бак; 2 – электролизер; 3 – бак-накопитель гипохлорита натрия; 4 –
выпрямительный агрегат; 5 – насос; 6 – распределительная решетка; 7 – поплавок;
В₁-В₃ – вентили

Рисунок 1.3 – Схема электролизной установки

При электрохимическом хлорировании гипохлорит натрия получают на месте электролизом раствора поваренной соли.

В растворный бак загружается поваренная соль, которую заливают водой и перемешивают до образования насыщенного раствора. Полученный раствор насосом подается в рабочий бак, где разбавляется водой до необходимой концентрации. Из этого бака электролит через дозатор поступает в электролизер. Готовый продукт собирается в баке – накопителе, из которого дозируется.

Электролизер представляет собой резервуар с впускным и выпускным устройствами, изготовленный из пластмассы, невосприимчивой к действию гипохлорита натрия. Перед выпуском предусмотрено удаление выделившегося водорода.

Внутри резервуара последовательно установлены электроды, которые на концах присоединены соответственно к отрицательному (катод) и положительному (анод) полюсам генератора тока. Электроды обычно производят из титана, анод так же, как и анодную поверхность промежуточных биполярных электродов, покрывают платиной для защиты от коррозии.

Электролизеры устанавливают последовательно или параллельно в зависимости от качества электролита и желаемой концентрации раствора гипохлорита натрия. В обоих случаях возможна рециркуляция солевого раствора.

Электрохимическое хлорирование не требует специальных мер по обеспечению безопасности, как при хранении больших количеств жидкого хлора. При этом нет необходимости в больших емкостях для хранения реагентов, поскольку получают гипохлорит натрия в соответствии с

потребностью. Упрощается проблема перевозки и обработки реагента вследствие его безопасности.

Обработка воды гипохлоритом натрия по цене почти равноценна обработке хлором и в 1,5 – 2 раза дешевле, чем обеззараживание хлорной известью.

Расчетный часовой расход хлора для первичного хлорирования воды определяется по формуле

$$Q_{Cl_1} = \frac{Q_{сут} \times D'_{хл}}{24 \times 1000}, \quad (1.27)$$

где $D'_{хл} = 5 \text{ мг/дм}^3$ – доза первичного хлорирования.

$$Q_{Cl_1} = \frac{5000 \times 5}{24 \times 1000} = 1,04 \text{ кг/час}.$$

Расчетный часовой расход хлора для вторичного хлорирования воды определяется по формуле

$$Q_{Cl_{II}} = \frac{Q_{сут} \times D''_{хл}}{24 \times 1000}, \quad (1.28)$$

где $D''_{хл} = 0,5 \text{ мг/дм}^3$ – доза вторичного хлорирования.

$$Q_{Cl_{II}} = \frac{5000 \times 0,5}{24 \times 1000} = 0,10 \text{ кг/час}.$$

Общий расход хлора равен

$$Q_{общ} = Q_{Cl_1} + Q_{Cl_{II}} = 1,04 + 0,10 = 1,14 \text{ кг/час} = 18,24 \text{ кг/сут}. \quad (1.29)$$

По общему суточному расходу хлора выбираем электролизную установку ЭН – 25.

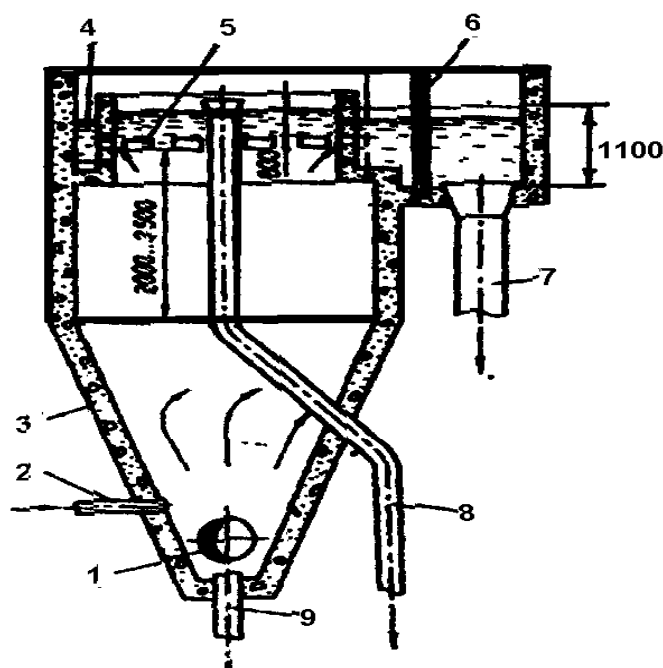
Технические характеристики электролизной установки ЭН – 25:

Производительность по активному хлору, кг/сут.....	25
Сила тока, А.....	130 - 140
Напряжение, В.....	55 - 65
Номинальная мощность, кВт.....	до 8,4
Концентрация активного хлора в растворе, г/л.....	12 - 14
Расход на 1 кг активного хлора:	
соли, кг.....	8 - 10
электроэнергии, кВт ч.....	8 - 10
Объем ванны, м ³	1
Производительность активного хлора за один цикл, кг.....	10 - 12

Продолжительность цикла, ч.....10 - 12
 Число циклов в сутки.....2

1.2.9 Расчет смесителя

Для того чтобы после введения реагентов химические реакции протекали во всем объеме обрабатываемой воды, необходимо полное и быстрое их смешивание с водой. Вихревые смесители (Рисунок 1.4) применяют на станциях как большой, так и средней производительности при условии, что нагрузка воды на один смеситель не должна быть более 1500 м³/ч. Скорость выхода воды из подводящего трубопровода в нижнюю часть смесителя принимают 1-1,2 м/с, скорость восходящего движения воды на уровне сборного устройства смесителя должна составлять 25 мм/с.



- 1 – подвод воды; 2 – подвод реагентов; 3 – бетонный корпус; 4 – кольцевой желоб;
 5 – затопленные отверстия; 6 – сетка; 7 – отвод воды; 8 – перелив;
 9 – трубопровод для опорожнения

Рисунок 1.4 – Вертикальный вихревой смеситель

Определим площадь горизонтального сечения в верхней части смесителя

$$f_B = \frac{Q_v}{v_B} = \frac{312,5}{100} = 3,13 \text{ м}^2, \quad (1.30)$$

где $v_B = 90 \div 100$ м/ч – скорость восходящего движения воды, принимаем 100 м/ч.

Сторона квадратной вертикальной части смесителя

$$B_B = \sqrt{f_B} = \sqrt{3,13} = 1,77 \text{ м}, \quad (1.31)$$

Диаметр подводящего трубопровода определяется по формуле

$$d = \sqrt{\frac{4 \times q_c}{\pi \times V_{II}}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,086}{3,14 \times 1}} = 0,33 \text{ м} = 330 \text{ мм}, \quad (1.32)$$

где $V_{II} = 1 \div 1,2$ м/с – скорость в подводящем трубопроводе, принимаем 1 м/с.

При $q = 312,5 \text{ м}^3/\text{час} = 86,8 \text{ л/с}$; $d = 350$ мм.

Площадь нижней части смесителя равна

$$f_H = D^2 = 0,36^2 = 0,13 \text{ м}^2, \quad (1.33)$$

где D – внешний диаметр, м,

$$D = d + \delta = 330 + 30 = 360 \text{ мм} = 0,36 \text{ м};$$

δ – толщина стенки трубы, м.

Высота нижней части смесителя определяется по формуле

$$h_H = 0,5 \times (B_B - B_H) \times \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}, \quad (1.34)$$

$$h_H = 0,5 \times (1,77 - 0,33) \times \operatorname{ctg} \frac{45}{2} = 2,00 \text{ м}$$

где, $\alpha = 45^\circ$ – величина центрального угла в смесителе;

$$B_H = D.$$

Объем пирамидальной части смесителя

$$W_H = \frac{1}{3} h_H \times (f_B + f_H + \sqrt{f_B \times f_H}), \quad (1.35)$$

$$W_H = \frac{1}{3} \cdot 2 \cdot (3,13 + 0,13 + \sqrt{3,13 \cdot 0,13}) = 2,6 \text{ м}^3.$$

Полный объем смесителя равен

$$W = \frac{Q_c \times t}{60} = \frac{312,5 \times 1,5}{60} = 7,8 \text{ м}^3, \quad (1.36)$$

где $t=1,5$ мин – продолжительность смешивания.

Объем верхней части смесителя

$$W_B = W - W_H = 7,8 - 2,6 = 5,2 \text{ м}^3, \quad (1.37)$$

Определим высоту верхней части смесителя

$$h_B = \frac{W}{f_B} = \frac{5,2}{3,13} = 1,7 \text{ м}, \quad (1.38)$$

Полная высота смесителя равна

$$h_C = h_H + h_B = 2 + 1,7 = 3,7 \text{ м}, \quad (1.39)$$

Скорость движения воды по отводящему трубопроводу должна быть равна 0,8–1 м/сек.

При расходе воды $q=86$ л/сек диаметр отводящего трубопровода $d=350$ мм, $V=0,91$ м/с.

Вода собирается в кольцевой желоб через затопленные отверстия. На выходе из желоба в карман смесителя устанавливается плоская сетка с ячейками 4х4 мм для предотвращения забивания дырчатых распределительных труб осветлителей.

Смеситель оборудован переливной трубой $d=250$ мм.

1.2.10 Интенсификация процесса коагуляции

Аэрирование

При обработке воды в процессе гидролиза коагулянта получается большое количество свободной углекислоты, которая содержится в газообразной фазе вследствие ее низкой растворимости. На начальной стадии коагуляции происходит быстрая адсорбция мельчайших пузырьков углекислоты на поверхность микрохлопьев коагулированной взвеси. В итоге получается осадок непрочной, рыхлой структуры.

Удаление углекислоты из сферы образования микрохлопьев, которое достигается за счет аэрации воды, намного ускоряет процесс коагуляции. В результате получают хлопья более прочной и плотной структуры, которые быстрее осаждаются в отстойных сооружениях. Отдувка углекислоты вызывает увеличение рН воды, что снижает ее коррозионную активность.

Этот метод может быть рекомендован с повышенной мутностью и цветностью в целях улучшения работы очистных сооружений, экономии коагулянта и улучшения качества осветленной воды по органолептическим показателям.

Нормальный режим аэрирования следует выявлять опытным путем в зависимости от качества воды, и прежде всего от ее мутности и цветности.

Аэрирование воды можно проводить в открытых смесителях гидравлического типа (вихревые и перегородчатые), дополнительных сооружений не требует. Введение коагулянта и сжатого воздуха происходит в строгой последовательности. Введение диспергированного воздуха в период гидролиза коагулянта и образования микрохлопьев дает лучший эффект аэрирования.

Время между вводом коагулянта и воздуха составляет 10-20 секунд. Из-за низкой температуры воды процесс смешивания замедляется, поэтому интервал времени возрастает до 20 секунд.

Раствор коагулянта нужно добавлять в подающий трубопровод или при входе воды в смеситель, а воздух – прямо в смеситель. Время аэрирования равняется времени пребывания воды в смесителе.

Во избежание подсоса воздуха в трубопровод, отводящий воду из смесителя, водосборные лотки должны работать с подогревом (открытый перелив исключают). Лучшим вариантом является применение водосборных лотков с затопленными окнами.

Распределение воздуха осуществляется с помощью фильтросных устройств или перфорированных труб. Однако сопротивление фильтросов намного выше, они быстро засоряются, поэтому рассматриваем аэраторы из перфорированных труб.

Схема трубчатого аэратора зависит от конструкции смесителя и условий его эксплуатации. Располагают аэратор строго горизонтально. Для вихревого типа смесителя применяют кольцевой трубчатый аэратор. При больших размерах смесителя целесообразно кольцевую трубу дополнить радиальными трубами. Аэратор следует располагать в конической части вихревого смесителя на высоте 1,5–2 м над входным отверстием. Меньшая высота расположения аэратора принимается при наклоне стенок нижней части, равной 45°. Все отверстия должны быть направлены вниз по вертикальной оси или под углом 45° к ней. Для того, чтобы избежать слипания пузырьков минимальное расстояние между отверстиями (в осях) должно быть не менее 10 диаметров распределительной трубы.

Для того чтобы обеспечить эффективность аэрирования интенсивность аэрации следует принимать 70-80 м³(м²·ч). При ограниченном периоде коагулирования (не более 2–3 мес.) аэраторы можно производить из металлических и неметаллических труб, при большом периоде – коррозионно-стойкие трубы (полиэтиленовые).

Распределители реагентов

В водоподготовке в соответствии с требованиями должно быть обеспечено скорое и равномерное распределение реагентов в обрабатываемой воде. Большое значение имеет увеличение скорости

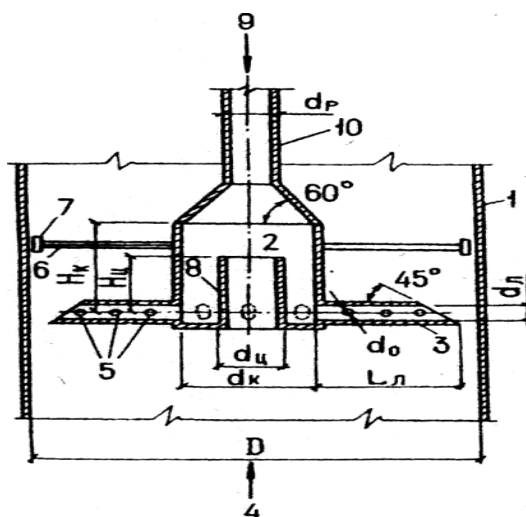
распределения при добавлении коагулянта (растворов солей алюминия и железа) для создания условий их эффективного и рационального использования.

Камерно – лучевой распределитель (тип II)

Камерно-лучевой распределитель (тип II) разработан ВНИИ ВОДГЕО.

Данный распределитель нужен для смешения обрабатываемой воды с растворами реагентов, кроме известкового молока.

Камерно-лучевой распределитель находится по оси потока обрабатываемой воды (Рисунок 1.5) и состоит из: цилиндрической камеры с радиальными перфорированными ответвлениями, имеющими открытые торцы; циркуляционного патрубка, расположенного внутри камеры соосно, открытого с обеих сторон и закрепленного на основании камеры, обращенном потоку; реагентопровода, присоединенного к камере с противоположной стороны. Реагентопровод может быть снабжен приемной воронкой при подаче раствора реагента самотеком или соединен на фланцах соответствующей коммуникации при подаче под напором.



- 1-Корпус трубопровода; 2-камера распределителя; 3-лучевое ответвление;
4-движение воды; 5-отверстие для выхода раствора; 6-радиальная распорка; 7-глухая резиновая муфта, устанавливаемая с зазором 5-10 мм от корпуса трубопровода;
8-циркуляционный патрубок; 9- подача реагента; 10-реагентопровод

Рисунок 1.5 – Камерно-лучевой распределитель (тип II, расположение-внутри трубопровода)

Эффективность действия камерно-лучевого распределителя происходит благодаря:

- поступлению части исходной воды через циркуляционный патрубок внутри камеры;
- разбавлению этой водой раствора реагента, который поступает внутрь камеры через реагентопровод (предварительное смешение);

- повышения первоначального расхода жидкого реагента, который способствует его распределению в потоке;
- равномерного распределения разбавленного раствора по сечению потока.

Попадание в камеру исходной воды через циркуляционный патрубок происходит под действием скоростного напора, имеющего наибольшую величину в ядре потока.

Камерно-лучевой распределитель помещают внутри трубопровода (при вертикальном и горизонтальном его положении), на выходном участке трубопровода, который подает исходную воду, или на входном участке трубопровода, отводящего воду из сооружения, после которого она подлежит дальнейшей реагентной обработке.

При обработке несколькими реагентами распределители растворов нужно устанавливать в последовательности, определяемой технологической схемой.

Расчетные показатели камерно – лучевого распределителя приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Расчетные показатели камерно-лучевых распределителей

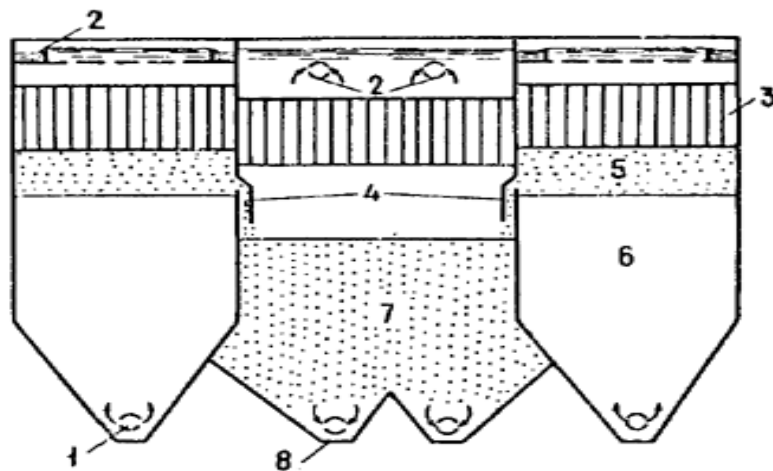
Показатели и конструктивные элементы	Значения показателей
Продолжительность смещения при установке внутри трубопровода T, c	0,6-1,0
То же, при установке вблизи выходного (входного) сечения трубопровода T, c	1,0
Скорость потока $v, м/с$	Не менее 0,5
Коэффициент гидравлического сопротивления ζ	2,1
Отношение размеров элементов к диаметру D подающего (отводящего) трубопровода:	
диаметр камеры d_k	0,25-0,30
диаметр циркуляционного патрубка $d_{ц}$	0,15-0,20
диаметр лучевого ответвления $d_{л}$	0,05-0,08
диаметр реагентопровода d_p	0,10-0,15
высота камеры H_k	0,30
длина лучевых ответвлений $L_{л}$	0,25-0,30
Число лучевых ответвлений $n_{л}$	8
Диаметр боковых отверстий лучевых ответвлений $d_0, мм$	4-10
Коэффициент перфорации лучевых ответвлений $K_{п}$	1,4-1,6

1.2.11 Расчет осветлителей

Для осветления обрабатываемой воды принимаем коридорный осветлитель со взвешенным осадком, с вертикальным осадкоуплотнителем (рисунок 1.6). Оборудуем осветлитель тонкослойными элементами. В сооружениях тонкослойного осветления осаждение взвеси происходит в наклонных элементах малой высоты. При этом гарантируется скорое

выделение взвеси и её сползание по наклонной плоскости элементов в зоны хлопьеобразования и осадкоуплотнения.

Требования к качеству воды и методам обработки воды, поступающей на сооружения с тонкими элементами, такие же как и требования для других типов отстойных сооружений.



1 - подача исходной воды; 2 - отвод осветленной воды; 3 - тонкослойные блоки; 4 - окна для отвода осадка; 5 - зона сползания осадка; 6 - зона взвешенного осадка; 7 - зона накопления осадка; 8 - удаление осадка.

Рисунок 1.6 – Осветлитель с тонкослойными блоками

Работа тонкослойного осветлителя происходит следующим образом. Исходная вода, которая обработана реагентами, направляется в зоны предварительного хлопьеобразования (взвешенного осадка) и потом через распределительную зону и зону сползающего осадка направляется в тонкослойные элементы. Осветленная вода, пройдя тонкослойные элементы, поступает в сборные устройства и выводится из сооружения. Осадок из зоны его накопления удаляется через перфорированные трубы.

Тонкослойные элементы или блоки выполняются из мягких или полужестких полимерных пленок, соединённых в сотовую конструкцию, или из жестких листовых материалов в виде отдельных полок.

Максимальная концентрация взвешенных веществ, поступающих в осветлитель, равна:

$$C = M + 0,55 \times D_k + 0,25 \times C = 280 + 0,55 \times 20 + 0,25 \times 20 = 296 \text{ мг / дм}^3 \quad (1.40)$$

где $M=280 \text{ мг / дм}^3$ – мутность исходной воды;

$K = 0,55$ – переводной коэффициент;

$D_k=20 \text{ мг / дм}^3$ – доза коагулянта;

$C = 20$ град – цветность воды.

Количество воды, теряемое при сбросе осадка определяется по формуле

$$q_{oc} = \frac{K_p \times (C - m)}{\delta_{cp}} \cdot 100\%, \quad (1.41)$$

где $K_p=1,2 \div 1,5$ – коэффициент взвеси в воде после 3-12 ч, принимаем 1,5;
 $m = 8 \div 12$ мг/дм³, количество взвеси в воде, выходящей после обработки в осветлителе;

δ_{cp} – концентрация взвешенных веществ.

Для вод, имеющие повышенную цветность и мутность < 400 мг/л, время уплотнения $T=6 \div 12$ час. Принимаем $T=6$ часов, тогда $\delta_{cp}=20000$ г/м³.

$$q_{oc} = \frac{1,5 \times (296 - 8)}{20000} \cdot 100\% = 2,16\%.$$

Потери воды при продувке осветлителя

$$\Delta q = \frac{Q_{\text{нас}} \times q_{oc}}{100} = \frac{312,5 \cdot 2,16}{100} = 6,8 \text{ м}^3 / \text{ч}, \quad (1.42)$$

Площадь зоны осветления

$$F_{3.O.} = \frac{K_{PB} \times Q_{PACЧ}}{3,6 \times V_{3.O.}} = \frac{0,8 \times 312,5}{3,6 \times 0,8} = 86,8 \text{ м}^2, \quad (1.43)$$

где $K_{PB}=0,8$ – коэффициент распределения воды;
 $V_{3.O.}=0,8$ – скорость в зоне осветления.

Площадь зоны отделения

$$F_{3.OTД} = \frac{(1 - K_{PB}) \times Q_{PACЧ}}{3,6 \times \alpha \times V_{3.O.}} = \frac{(1 - 0,8) \times 312,5}{3,6 \times 0,9 \times 0,8} = 24,1 \text{ м}^2, \quad (1.44)$$

где $\alpha=0,9$ – коэффициент снижения в зоне осветления осадка.

Общая площадь осветлителя

$$F_{OCB} = F_{3.O.} + F_{3.OTД} = 86,8 + 24,1 = 110,9 \text{ м}^2, \quad (1.45)$$

Количество осветлителей

$$N = \frac{F_{OCB}}{f} = \frac{111}{67,5} = 1,7, \quad (1.46)$$

Так как площадь одного осветлителя $f=67,5$ м², принимаем 2 рабочих и 1 резервный осветлитель.

Площадь каждого из двух коридоров осветлителя

$$f_{кор} = \frac{F_{3.О.}}{N \times \Pi} = \frac{86,8}{2 \times 2} = 21,7 м^2, \quad (1.47)$$

где $\Pi=2$ – количество коридоров.
Площадь осадкоуплотнителя

$$f_{О.У.} = \frac{F_{3.ОГД}}{N} = \frac{21,7}{2} = 10,85 м^2, \quad (1.48)$$

где N – число осветителей.

Ширина коридора принимаем $B_K = 2,6 м$ в соответствии с типовым проектом.

Ширина осадкоуплотнителя

$$B_{О.У.} = \frac{f_{О.У.}}{l_{кор}} = \frac{10,85}{9} = 1,2 м, \quad (1.49)$$

где $l_{кор}$ – длина коридора.

Принимаем ширину осадкоуплотнителя $B_{ОУ}=2,5 м$ в соответствии с типовым проектом.

$$l_{кор} = \frac{f_K}{B_K} = \frac{21,7}{2,6} = 8,35 м. \quad (1.50)$$

Принимаем длину коридора $l_{кор}=9 м$ в соответствии с типовым проектом.

1.2.12 Распределение воды

Расход воды в распределительном дырчатом коллекторе

$$q_{КОЛ} = \frac{Q_{\text{ч}}}{N \times 2} = \frac{312,5}{2 \times 2} = 78,13 м^3 / час = 21,7 л / с, \quad (1.51)$$

где N – число осветителей.

Скорость входа воды в дырчатый коллектор $V_{КОЛ} = 0,5 \div 0,6 м / с$.

Диаметр коллектора

$$D = \sqrt{\frac{4 \times q_{КОЛ}}{\pi \times V_{КОЛ}}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,0217}{3,14 \times 0,5}} = 0,24 м = 240 мм, \quad (1.52)$$

где $d=250 мм$.

Площадь отверстий

$$\sum f_0 = \frac{q_{КОЛ}}{V_0} = \frac{0,0217}{2} = 0,011 м^2, \quad (1.53)$$

где $V_0 = 1,5 \div 2$ м/с, принимаем 2.

Принимаем диаметр отверстий 20 мм, следовательно, их площадь $f_0 = 3,14 \text{ см}^2$.

Количество отверстий в коллекторе

$$n_0 = \frac{\sum f_0}{f_0} = \frac{120}{3,14} = 38 \text{ шт}, \quad (1.54)$$

Шаг отверстий

$$l_0 = \frac{2 \times l_{КОР}}{n_0} = \frac{2 \times 9}{38} = 0,5 м, \quad (1.55)$$

Отверстия размещаются в два ряда по обеим сторонам коллектора в шахматном порядке, они направлены вниз под углом 45° к горизонту.

1.2.13 Сбор осветленной воды

Сбор воды осуществляется водосборными желобами с затопленными отверстиями. Желоба размещаются в зоне осветлителя, в верхней части его, вдоль боковых стен коридоров.

Расход воды на каждый желоб

$$q_{ж} = \frac{K \times Q_{ч}}{N \times 2 \times 2} = \frac{0,7 \times 312,5}{2 \times 2 \times 2} = 36,5 м^3 / \text{час} = 0,01 м^3 / \text{с}, \quad (1.56)$$

где $K = 0,7$.

Ширина желоба прямоугольного сечения равна

$$b_{ж} = 0,9 \cdot q_{ж}^{0,4} = 0,9 \times 0,01^{0,4} = 0,14 м = 14 \text{ см}, \quad (1.57)$$

Затопленные отверстия помещаются в один ряд по внутренней стороне желоба на 7 см ниже его верхней кромки. Глубина желоба в начале и конце равна:

$$h_{НАЧ} = 7 + 1,5 \times \frac{b_{ж}}{2} = 7 + 1,5 \times \frac{14}{2} = 18 \text{ см}, \quad (1.58)$$

$$h_{КОН} = 7 + 2,5 \times \frac{b_{ж}}{2} = 7 + 2,5 \times \frac{14}{2} = 25 \text{ см}, \quad (1.59)$$

Площадь отверстий в желобе

$$\sum f_{отв} = \frac{q_{ж}}{\mu \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}} = \frac{0,01}{0,65 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,05}} = 0,0155 м = 155 см^2, \quad (1.60)$$

где $h=0,05$ см – разность уровней воды в осветлителе и желобе;
 $\mu=0,65$ – коэффициент расхода.

При диаметре каждого отверстия 20мм и его площади $f_0=3,14$ см²,
 количество отверстий в желобе

$$n = \frac{\sum f_0}{f_0} = \frac{155}{3,14} = 50 шт. \quad (1.61)$$

Шаг оси отверстий

$$l = \frac{l_{кор}}{n} = \frac{9}{50} = 0,18 м, \quad (1.62)$$

1.2.14 Сбор осадка в осадкоуплотнителе

Расход воды, поступающей в осадкоуплотнитель с избыточным осадком

$$Q_{ок} = (1 - K) \cdot Q_{расч} = (1 - 0,7) \times 312,5 = 93,8 м^3 / ч, \quad (1.63)$$

где $K=0,7$;

$$Q_{расч} = Q_{час} \cdot$$

Площадь осадкоприемных окон

$$f_{ок} = \frac{Q_{ок}}{V_{ок}} = \frac{93,8}{40} = 2,4 м^2, \quad (1.64)$$

где $V_{ок}=36 \div 54$ м/ч – скорость движения воды с осадком в окнах, равна 40.

Длина окон

$$f_{ок} = \frac{f_{ок}}{h_{ок}} = \frac{2,4}{0,2} = 12 м^2, \quad (1.65)$$

где $h_{ок}=0,2$ м – высота окон.

1.2.15 Отвод воды из осадкоуплотнителя

Расход воды через сборную дырчатую трубу

$$Q_{CB} = \frac{(1-K) \times Q_{PACЧ} - Q_{OC}}{2} = \frac{(1-0,7) \times 312,5 - 2,16}{2} = 46 \text{ м}^3 / \text{час} = 0,013 \text{ м}^3 / \text{с} \quad (2.54)$$

Потери воды при продувке осветлителя

$$Q_{OC} = \frac{Q_{PACЧ} \times q_{OC}}{N \times 100} = \frac{312,5 \times 2,16}{2 \times 100} = 3,4 \text{ м}^3 / \text{час}, \quad (1.66)$$

где N – число осветителей.

Диаметр сборной трубы

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{CB}}{\pi \cdot V_{CB}}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,013}{3,14 \times 0,4}} = 0,2 \text{ м}, \quad (1.67)$$

Условие $V_{CB} \leq 0,5 \text{ м/с}$ выполнено.

Площадь отверстий в сборной трубе

$$\sum f_0 = \frac{Q_{CB}}{V_0} = \frac{46}{1,5} = 31 \text{ м}^2, \quad (1.68)$$

Условие $V_0 = 1,5 \text{ м/с}$ выполнено.

Число отверстий:

$$n = \frac{\sum f_0}{d_0} = \frac{31}{20} = 2 \text{ отверстия}, \quad (1.69)$$

где $d_0 = 15 \div 20 \text{ мм}$.

Шаг отверстий

$$l_0 = \frac{l_{KOP}}{n} = \frac{9}{2} = 4,5 \text{ м}, \quad (1.70)$$

Высота осветлителя

$$H_{OCB} = \frac{B_{KOP} - 2 \cdot B_{Ж}}{2 \cdot tg \frac{\alpha}{2}} = \frac{2,6 - 2 \times 0,14}{2 \times 0,2679} = 4,4 \text{ м}, \quad (1.71)$$

где B_{KOP} – ширина коридора; $B_{KOP} = 2,6 \text{ м}$;

$B_{\text{ж}}$ – ширина одного желоба;

$\alpha = 30\%$.

Высота пирамидальной части осветлителя

$$h_{\text{ПНП}} = \frac{b_{\text{КОР}} - a}{2 \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha_1}{2}} = \frac{2,6 - 0,4}{2 \times 0,69} = 1,6 \text{ м}, \quad (1.72)$$

где $a = 0,4 \text{ м}$ – ширина коридора по низу;

$\alpha_1 = 60^\circ \div 90^\circ$ - наклон стенок к горизонту.

Высота зоны взвешенного осадка вдоль вертикальных стенок

$$h_{\text{БЕРТ}} = H_{\text{ОСВ}} - h_{\text{ПНП}} - h_{\text{ЗАЩ}} - h_{\text{ОК}} = 4,4 - 1,6 - 1,5 - 0,2 = 1,1 \text{ м}, \quad (1.73)$$

где $h_{\text{БЕРТ}} \geq 1,5 \text{ м}$;

$h_{\text{ОК}} = 0,2 \text{ м}$;

$h_{\text{ЗАЩ}} = 1,5 \text{ м}$.

Такая высота недостаточна, так как нужно не менее 1,5 м. Потому принимаем $H_{\text{ОСВ}} = 4,9 \text{ м}$.

$$\text{Тогда } h_{\text{БЕРТ}} = H_{\text{ОСВ}} - h_{\text{ПНП}} - h_{\text{ЗАЩ}} - h_{\text{ОК}} = 4,9 - 1,6 - 1,5 - 0,2 = 1,6 \text{ м}, \quad (1.74)$$

Общая высота зоны взвешенного осадка

$$h_{\text{З.В.О.}} = h_{\text{БЕРТ}} + \frac{h_{\text{ПНП}}}{2} = 1,6 + \frac{1,6}{2} = 2,4 \text{ м}, \quad (1.75)$$

Объем осадкоуплотнителя

$$W = l_{\text{КОР}} \cdot \left[b_{\text{О.У.}} \cdot h_{\text{БЕРТ}} + \left(\frac{h_{\text{ПНП}} \cdot 0,5 \cdot b_{\text{О.У.}}}{2} \right) \right] = 9 \left[1,2 \times 1,6 + \left(\frac{1,6 \times 0,5 \times 1,2}{2} \right) \right] = 21,6 \text{ м}^3 \quad (1.76)$$

Количество осадка, поступающего в осадкоуплотнитель

$$Q_{\text{ОС}} = C \times Q_{\text{РАСЧ}} = 0,296 \times 312,5 = 93 \text{ кг/ч}, \quad (1.77)$$

где C – концентрация взвешенных веществ.

Продолжительность пребывания осадка в осадкоуплотнителе

$$T = \frac{W \times \delta_{\text{СР}}}{Q_{\text{ОС}}} = \frac{21,6 \times 2,5}{93} = 0,58 \text{ ч}, \quad (1.78)$$

1.2.16 Отвод осадка из осадкоуплотнителя

Расход через осадкосборную трубу

$$Q_{oc} = \frac{W}{2 \cdot t} = \frac{21,6}{2 \times 0,3} = 36 \text{ м}^3 / \text{ч} = 0,01 \text{ м}^3 / \text{сек} = 10 \text{ л} / \text{с} , \quad (1.79)$$

где $t = 15+20$ мин – время отведения осадка.

Диаметр трубы

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{oc}}{\pi \cdot V}} = \sqrt{\frac{4 \times 40}{3,14 \times 1}} = 3 \text{ м} , \quad (1.80)$$

Принимаем диаметр трубы 100мм.

Площадь отверстий в трубе

$$\sum f_0 = \frac{Q_{oc}}{V_0} = \frac{0,01}{3} = 0,003 \text{ м}^2 = 30 \text{ см}^2 , \quad (1.81)$$

где $V_0 = 3$ м/с.

Число отверстий

$$n = \frac{\sum f_o}{f_o} = \frac{30}{3,14} = 10 \text{ шт} , \quad (1.82)$$

где $f_0 = 3,14$ см².

Шаг отверстий

$$l_0 = \frac{l_k}{n_o} = \frac{9}{10} = 0,9 \text{ м} , \quad (1.83)$$

1.2.17 Расчет тонкослойных элементов

Назначаем тонкослойные элементы прямоугольного сечения с размерами в плане 0,05х 0,05 м, угол наклона 55° . Значение конструктивного коэффициента и коэффициента объемного использования принимаем $K_K = 0,7$ и $K_{O.I.} = 0,6$.

Расчет технологических и конструктивных параметров сооружений, а также тонкослойных элементов производим по формулам согласно.

Удельная нагрузка или производительность сооружения в расчете на площадь зеркала воды

$$V_H = \frac{u_0 \cdot \beta \cdot K_{az}}{K_1} \left(\frac{l_0}{K_2 \cdot H_0} + 1 \right) \quad (1.84)$$

$$l_0 = K_2 \cdot H_0 \left(\frac{V_H \cdot K_1}{u_0 \cdot \beta \cdot K_{az}} - 1 \right) \quad (1.85)$$

$$K_1 = \frac{1}{K_{cm} \cdot K_{o.u} \cdot K_\kappa} \quad (1.86)$$

$$K_2 = \frac{\varphi \cdot K_\phi \cdot K_{cm}}{\sin \alpha \cdot \cos \alpha}, \quad (1.87)$$

где $\varphi=1,25$ – коэффициент, который учитывает влияние гидродинамических условий потока в тонкослойных элементах;

$K_\phi = 1$ – коэффициент, который учитывает форму поперечного сечения тонкослойных элементов;

$H_0=0,05$ м – высота тонкослойного элемента;

$u_0 = 1,44$ м/час – расчетная скорость осаждения взвеси;

$\alpha = 55^\circ$ – угол наклона тонкослойных элементов к горизонту;

β – коэффициент, который учитывает стесненное осаждение взвеси под тонкослойными элементами;

$K_{ar}= 1,3$ – коэффициент агломерации, который учитывает влияние осадка, выделяющегося из тонкослойных элементов, на интенсификацию хлопьеобразования;

$K_{CT.} = 0,8$ – коэффициент, который учитывает стеснение сечения потока в тонкослойном элементе сползающим осадком;

V_H – удельная нагрузка или производительность сооружения в расчете на площадь зеркала воды, $\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$ или м/ч;

K_1, K_2 – обобщенные расчетные коэффициенты;

l_0 – длина тонкослойного элемента, м;

$K_{O.H.} = 0,6$ – коэффициент, который учитывает гидравлическое совершенство тонкослойного сооружения и степень его объемного использования – отношение фактического к расчетному времени пребывания воды;

$K_K = 0,7$ – конструктивный коэффициент, равный отношению фактической открытой для движения воды площади тонкослойных элементов к общей площади зеркала воды отстойного сооружения.

С учетом реконструкции существующих осветлителей установлено, что нагрузка на сооружения не может быть более 6 м/час.

$$K_1 = \frac{1}{0,8 \cdot 0,6 \cdot 0,7} = 3,$$

$$K_2 = \frac{1,25 \cdot 1 \cdot 0,8}{0,82 \cdot 0,57} = 2,15,$$

$$V_n = \frac{1,44 \cdot 1,3}{3} \left(\frac{1,2}{2,15 \cdot 0,05} + 1 \right) = 7,6 (м/ч),$$

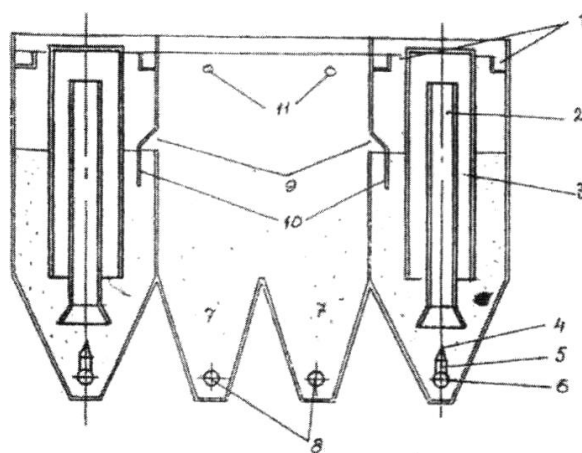
$$l_0 = 2,15 \cdot 0,15 \left(\frac{6 \cdot 3}{1,44 \cdot 1,3} - 1 \right) = 0,93 (м).$$

Принимаем удельную нагрузку равной 6 м/час, а длину тонкослойного элемента 1 м.

1.2.18 Реконструкция осветлителей со взвешенным слоем осадком

Осветлитель – рециркулятор

Суть реконструкции состоит в том, что с помощью вновь введенных в конструкцию осветлителя устройств осуществляется рециркуляция части осадка, образующегося при осветлении воды, что приводит к увеличению концентрации взвеси в очищаемой воде, концентрация твердой фазы в единице объема взвешенного слоя и в конечном счете позволяет увеличить скорость восходящего потока (следовательно, производительность осветлителя) при одновременном улучшении качества очищаемой воды. Такой осветлитель со взвешенным осадком называют рециркулятор (Рисунок 1.7). Конструкция и принцип действия практически ничем не отличается от обычного осветлителя со взвешенным осадком за исключением устройства, увеличивающего концентрацию взвеси в исходной воде и состоящего из эжектора 5 и сопла 4, а так же смесителя 2 и камеры хлопьеобразования 3, выполненной из металла.



1-водосборный желоб; 2-смеситель; 3-камера хлопьеобразования; 4-сопло; 5-эжектор; 6-подающая труба; 7-илоуплотнитель; 8-илопровод; 9-окно; 10-защитные козырьки; 11-водосборные трубы

Рисунок 1.7 – Схема осветлителя – рециркулятора

При движении воды из подающего трубопровода 6 через эжекторы засасывается часть ранее выпавшего в конической части камеры осветлителя осадка, благодаря чему увеличивается концентрация взвеси в воде, поступающей на очистку. Из струенаправляющего сопла вода поступает в смеситель 2 и, двигаясь в направлении снизу вверх, перемешивается с поступившим через эжектор осадком. Изливаясь из смесителя 2 в верхней его части, вода поступает в камеру хлопьеобразования. Движение в направлении сверху вниз, на выходе из камеры изменяет направление движения на противоположное и поступает в нижнюю часть взвешенного слоя. Далее процесс осветления воды и отведения избыточного осадка происходит точно так же. Как в обычном осветлителе со взвешенным осадком.

Повышение концентрации взвеси в очищаемой воде описанным способом позволяет увеличить концентрацию твердой фазы взвешенного слоя почти в 10 раз, что в свою очередь способствует повышению производительности осветлителя и качества очищенной воды. Концентрация взвеси в очищенной воде не превышает, как правило, 2...3 мг/л (т.е. по мутности она почти питьевая), производительность осветлителя со взвешенным осадком повышается более чем в два раза.

1.2.19 Расчет скорых фильтров

Фильтрация нужна для осветления воды, т.е. задержания в воде взвешенных веществ. Фильтрация происходит путем пропускания воды через слой фильтрующего материала, который представляет собой пористую среду. Фильтр представляет собой резервуар (Рисунок 1.8), в нижней части которого находится дренажное устройство, на которое кладут слой поддерживающего материала и затем слой фильтрующей загрузки, в качестве загрузки использован гранодиоритовый песок.

Гранодиоритовый песок обладает хорошими физико-механическими и высокими технологическими свойствами, что дает возможность использовать его в любых фильтровальных сооружениях осветления и обезжелезивания воды в фильтрах водоподготовки для объектов энергетики, а также для доочистки сточных вод.

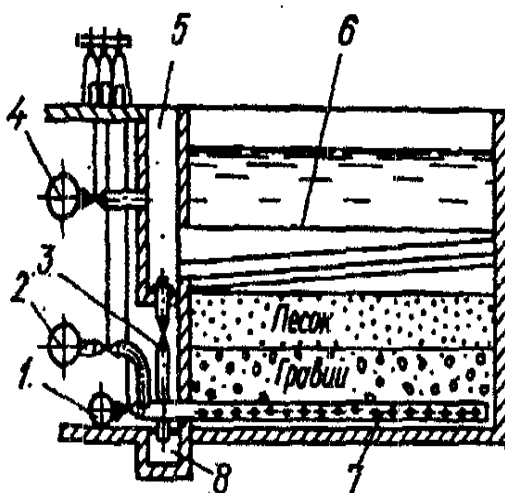
Скорые фильтры применяют для осветления мутных и цветных вод после коагулирования (и отстаивания), при реагентном умягчения. При скором фильтровании происходит скорое загрязнение фильтра, которое требует его очистки. Очистку фильтра делают путем промывки фильтрующей загрузки обратным током воды (чистой), которая подается снизу через дренаж и проходящий через слой песка.

При промывке фильтра включается, промывная вода подается снизу через распределительную систему и проходит слою песка в обратном направлении. Промывка длится 5-7 минут с интенсивностью 12-18 л/с в зависимости от фракции загрузки. Число фильтров на станции должно быть

не менее четырех. Скорые фильтры рассчитываются на работу в нормальном и форсированных режимах.

Таблица 1.3 – Расход воды, поступающий после осветлителей

$Q_{сут}, \text{ м}^3/\text{сут}$	$Q_{час}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_{сек}, \text{ м}^3/\text{с}$
4945,6	309,1	0,08586



1 - отвод отфильтрованной воды; 2 - подача промывной воды; 3 - выпуск загрязненной промывной воды; 4 - подача осветляемой воды; 5 - распределительный карман; 6 - желоба для распределения фильтруемой и для отвода промывной воды; 7 - дренажная система; 8 - канализационный канал

Рисунок 1.8 – Скорый фильтр с зернистой загрузкой

Было определено количество воды, теряемой при сбросе осадка из осадкоуплотнителя-2,16%, что составляет-6,8 м³/час, поэтому расход воды поступающей на фильтры после осветлителя:

$$4945,6 \text{ м}^3/\text{сут} = 309,1 \text{ м}^3/\text{час} = 0,086 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Определим суммарную площадь фильтров

$$F = \frac{Q_{сут}}{T \cdot V_{PH} - 3,6 \cdot n \cdot \omega \cdot t_1 - n \cdot t_2 \cdot V_{PH}}, \quad (1.88)$$

где $T=16$ ч время работы станции в течении суток;

V_{PH} – скорость фильтрования при нормальном режиме;

$n=2$ – число промывок фильтрации за сутки;

ω – интенсивность промывки;

$t_1=0,1$ ч – продолжительность промывки;

$t_2=0,33$ ч – простой фильтр в связи с промывкой.

$$F = \frac{4945,6}{16 \times 8 - 3,6 \times 2 \times 14 \times 0,1 - 2 \times 0,33 \times 8} = 43,9 \text{ м}^2.$$

Число фильтров:

$$N = 0,5 \times \sqrt{F} = 0,5 \times \sqrt{44} = 3,32 = 4 \text{ фильтра.} \quad (1.89)$$

Площадь фильтра

$$f = \frac{F}{N} = \frac{44}{4} = 11 \text{ м}^2, \quad (1.90)$$

Принимаем площадь 1-го фильтра 12 м^2 в соответствии с типовым проектом. Ширина $b=4$ м, длина $l=3$ м.

Скорость фильтрования при форсированном режиме

$$V_{P.Ф.} = V_{P.Н.} \cdot \frac{N}{N - N_1} = 8 \times \frac{4}{4 - 1} = 10,6 \text{ м/ч}, \quad (1.91)$$

1.2.20 Распределительная система фильтров

Количество промывной воды

$$q_{ПР} = f \times \omega = 12 \times 14 = 168 \text{ л/с}, \quad (1.92)$$

Диаметр коллектора

$$d_{КОЛ} = \sqrt{\frac{4 \cdot q_{ПР}}{\pi \cdot V_{КОЛ}}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,168}{3,14 \times 2}} = 0,35 \text{ м}, \quad (1.93)$$

где $V_{КОЛ} \leq 2 \text{ м/с}$.

Площадь фильтра на каждое ответвление распределительной системы

$$f_{отв} = \left(\frac{L - D_{КОЛ}}{2} \right) \cdot m = \left(\frac{3 - 0,35}{2} \right) \cdot 0,27 = 0,36 \text{ м}^2, \quad (1.94)$$

Расход воды через ответвления

$$q_{ОТВ} = f_{ОТВ} \cdot \omega = 0,36 \times 14 = 5,04 \text{ л/с}, \quad (1.95)$$

Диаметр ответвлений

$$d_{OTB} = \sqrt{\frac{4 \cdot q_{OTB}}{\pi \cdot V_{OTB}}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,00504}{3,14 \times 1,8}} = 0,05 м, \quad (1.96)$$

где $V_{OTB} = 1,8 \div 2$ м/с.

Суммарная площадь ответвлений

$$\sum f_0 = \frac{\alpha \cdot f}{100} = \frac{0,25 \times 12}{100} = 0,03 м^2 = 300 см^2, \quad (1.97)$$

где $\alpha = 0,25$.

Высота фильтрующего слоя: $H_\phi = 0,8 м$.

Число отверстий ответвлений

$$n_{OTB} = \frac{\sum n_0}{n} = \frac{375}{15} = 25 шт, \quad (1.98)$$

$$n = \frac{B}{m} = \frac{4}{0,27} = 15, \quad (1.99)$$

Число отверстий фильтра

$$\sum n_0 = \frac{\sum f_o}{f_o} = \frac{300}{0,8} = 375 шт, \quad (1.100)$$

где $f_0 = \frac{\pi \cdot d_0^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 10^2}{4} = 0,8 см^2$ - площадь одного отверстия;

$d_0 = 10$ мм.

Длина ответвления

$$l_{OTB} = \frac{(L - d_{кол})}{2} = \frac{(3 - 0,35)}{2} = 1,3 м, \quad (1.101)$$

Шаг оси отверстий

$$l_0 = \frac{l_{омс}}{n_{омс}} = \frac{1,3}{25} = 0,052 м, \quad (1.102)$$

1.2.21 Отвод воды при промывке фильтров

Ширина желоба

$$B = K \cdot \sqrt[5]{\frac{q_{\text{ж}}^2}{(1,57 + a)^3}} = 2 \times \sqrt[5]{\frac{0,084^2}{(1,57 + 1,5)^3}} = 0,64 \text{ м}, \quad (1.103)$$

Расход воды на один желоб

$$q_{\text{ж}} = \frac{q_{\text{пр}}}{\Pi_{\text{ж}}} = \frac{168}{2} = 84 \text{ л/с} = 0,084 \text{ м}^3/\text{с}, \quad (1.104)$$

где $q_{\text{пр}}$ – расход воды на промывку, л/с;

$\Pi_{\text{ж}}$ – количество желобов.

Высота кромки желоба над поверхностью загрузки

$$\Delta h_{\text{ж}} = \frac{H_{\phi} \cdot l}{100} + 0,3 = \frac{0,8 \times 40}{100} + 0,3 = 0,62 \text{ м}, \quad (1.105)$$

где $H_{\phi} = 0,7 \div 1,2$ – высота фильтрующего слоя;

$l = 30 \div 40\%$ – относительное расширение фильтрующей загрузки;

$\Delta h_{\text{ж}} = 0,6 \div 0,7$ м.

Расход воды на промывку одного фильтра

$$P = \frac{\omega \cdot f \cdot t_1 \cdot 60 \cdot N}{Q_{\text{ч}} \cdot T_{\text{р}} \cdot 1000} \cdot 100\%, \quad (1.106)$$

где $t_1 = 6$ мин;

N – число фильтров;

$$P = \frac{14 \times 12 \times 6 \times 60 \times 4}{312,5 \times 9,4 \times 1000} \times 100\% = 8,2\%.$$

Время работы фильтра между промывками

$$T_{\text{р}} = T_0 - (t_1 + t_2 + t_3), \quad (1.107)$$

где $T_0 = 8 \div 12$ ч – рабочий фильтроцикл;

$t_1 = 0,1$ ч – продолжительность промывки;

$t_2 = 0,33$ ч – время простоя фильтра в связи с промывкой;

$t_3 = 0,17$ ч – продолжительность сброса первого фильтра в сток.

$$T_{\text{р}} = 10 - (0,1 + 0,33 + 0,17) = 9,4 \text{ ч}.$$

Расстояние от дна желоба до дна сборного канала

$$H_{кан} = 1,73 \cdot \sqrt[3]{\frac{q_{кан}^2}{g \cdot b_{кан}^2}} + 0,2 = 1,73 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,168^2}{9,81 \cdot 0,7^2}} + 0,2 = 0,206 м, \quad (1.108)$$

где $q_{кан} = q_{пр} = 168 л / с = 0,168 м^3 / с$.

Площадь сечения

$$f_{кан} = b_{кан} \cdot H_{кан} = 0,7 \times 0,2 = 0,14 м^2, \quad (1.109)$$

Скорость движения воды в канале

$$V_{кан} = \frac{q_{кан}}{f_{кан}} = \frac{0,168}{0,14} = 1,2 м / с, \quad (1.110)$$

1.2.22 Потери напора при промывке фильтра

Потери напора в распределительной системе фильтра

$$h_{PC} = \left(\frac{2,2}{\alpha^2} + 1 \right) \cdot \frac{V_{КОЛ}^2}{2g} + \frac{V_{PT}^2}{2g}, \quad (1.111)$$

где $\alpha = 0,6$ – крупность зерен;

$V_{КОЛ} = 1,25 м/с$;

$V_{PT} = 1,7 м$;

$g = 9,81 м/с^2$;

$$h_{PC} = \left(\frac{2,2}{0,6^2} + 1 \right) \times \frac{1,25^2}{2 \times 9,81} + \frac{1,7^2}{2 \times 9,81} = 0,72 см.$$

Потери напора в фильтрующем слое

$$h_{\phi} = (a + b \cdot \omega) \cdot H_{\phi}, \quad (1.112)$$

где $a = 0,6$ – крупность зерен;

$b = 0,017$ – параметры песка;

ω – интенсивность, промывки, л/с $\cdot м^2$;

$$h_{\phi} = (0,6 + 0,017 \times 14) \times 0,8 = 0,7 м.$$

Потери напора в поддерживающих слоях

$$h_{ПС} = 0,022 \cdot H_{ПС} \cdot \omega, \quad (1.113)$$

где $H_{\text{ПС}}=0,5$ м – высота поддерживающего слоя;

ω – интенсивность промывки;

$$h_{\text{ПС}} = 0,022 \times 0,5 \times 14 = 0,2 \text{ м}.$$

Потери напора в подводящем трубопроводе

$$h_{\text{ПТ}} = i \cdot l, \quad (1.114)$$

где $i \approx 0,00818$ – гидравлический уклон;

$$l=100 \text{ м};$$

$$h_{\text{ПТ}} = 0,00818 \times 100 = 0,82 \text{ м}.$$

Потери напора в трубопроводах

$$h_{\text{HT}} = \frac{V^2}{2 \cdot g}, \quad (1.115)$$

где $V=2,7$ м/с;

$$h_{\text{HT}} = \frac{2,7^2}{2 \times 9,81} = 0,37 \text{ м}.$$

Потери напора в местных сопротивлениях

$$h_{\text{МС}} = \sum \xi \cdot \frac{V_{\text{КОЛ}}^2}{2 \cdot g}, \quad (1.116)$$

где $\sum \xi = \xi_1 + \xi_2 + \xi_3 + \xi_4$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений;

$\xi_1=0,984$ для колена;

$\xi_2=0,26$ для задвижки;

$\xi_3=0,5$, $\xi_4=0,92$ для тройника;

$V_{\text{КОЛ}}=1,8$ м/с;

$$\sum \xi = \xi_1 + \xi_2 + \xi_3 + \xi_4 = 2 \cdot 0,984 + 0,26 + 0,5 + 0,92 = 3,65,$$

$$h_{\text{МС}} = 3,65 \times \frac{1,8^2}{2 \times 9,81} = 0,6 \text{ м}.$$

Сумма потерь напора

$$\sum h = h_{PC} + h_{\phi} + h_{PC} + h_{IT} + h_{HT} + h_{MC} = 0,72 + 0,7 + 0,15 + 0,82 + 0,37 + 0,6 = 3,41 \text{ м}, \quad (1.117)$$

Геометрическая высота подъема воды от дна резервуара чистой воды до желоба

$$h_{\Gamma} = \Delta h_{\text{ж}} + H_{\phi} + 4,5, \quad (1.118)$$

где H_{ϕ} – высота загрузки фильтра;

$$h_{\Gamma} = 0,62 + 0,8 + 4,5 = 6 \text{ м}.$$

Напор насоса

$$H = h_{\Gamma} + \sum h + h_{\text{з.н.}} = 6 + 3,41 + 1,5 = 10,91 \text{ м}, \quad (1.119)$$

где $h_{\text{з.н.}} = 1,5 \text{ м}$ – запас насоса.

По значениям $H, q_{\text{пр}}$ подбираем насосы.

Количество промывной воды $605 \text{ м}^3/\text{час}$.

Принимаем насос типа Д 320/50 – 2 рабочих и 1 резервный.

Подача $Q = 320 \text{ м}^3/\text{час}$;

Напор $H = 50 \text{ м}$;

Мощность электродвигателя $N_{\text{н}} = 75 \text{ кВт}$;

Частота вращения $n = 1450 \text{ об/мин}$;

Масса 1852 кг .

1.2.23 Расчет вертикальных отстойников

В качестве альтернативного метода осветления воды, предусматривается схема с вертикальным отстойником (Рисунок 1.9).

Вертикальный отстойник - круглый или квадратный (в плане) резервуар с камерой хлопьеобразования водоворотного типа в центральной трубе и с конусным днищем для сбора и уплотнения осадка. Он оснащается трубопроводом для подачи осветляемой воды, желобами для осветленной воды, а также трубопроводом для периодического выпуска осадка или опорожнения отстойника.

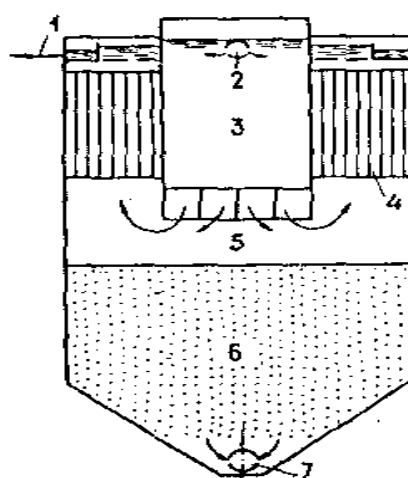
Вода которая осветляется в вертикальных отстойниках движется снизу вверх. Взмесь оседает в восходящем потоке из-за разницы между скоростями оседания частичек и движения воды. Высота зоны осаждения в вертикальных отстойниках в зависимости от коэффициента, учитывающего его объемное использование, составляет 4-5 м, отношение диаметра к высоте 1,0:1,5.

Сбор осветленной воды в вертикальных отстойниках предусматривают с периферийными и радиальными желобами. Сечение желобов находят при

скорости движения воды 0,5–0,6 м/с. Для более равномерного распределения воды по всему сечению отстойника лучше отбирать ее через затопленные отверстия в желобах или через треугольные вырезы в их кромках; сечение их можно определить, принимая скорость движения воды 1 м/с, диаметр – 20 – 30 мм.

Осадок который накапливается в нижней осадочной части отстойника периодически удаляют самотеком (под давлением столба воды), открывая задвижку на выпускной трубе диаметром 150-200 мм. Для этого угол между образующими конуса или наклонными стенками при коническом или пирамидальном днище отстойника должен быть 70-80°.

Выпуск осадка следует предусматривать без выключения отстойника. Период работы отстойника между сбросами осадка составляет не менее 6 ч.



1 – отвод отстоянной воды; 2 – подача исходной воды; 3 – камера хлопьеобразования; 4 – тонкослойные блоки; 5 – зона распределения воды; 6 – зона накопления осадка; 7 – удаление осадка.

Рисунок 1.9 – Вертикальный отстойник, оборудованный тонкослойными блоками

1.2.24 Расчет вертикального отстойника со встроенной водоворотной камерой хлопьеобразования

Площадь зоны осаждения одного отстойника

$$F = \frac{\beta \times Q_{\text{час}}}{3,6 \times V_p \times N}, \quad (1.120)$$

где β – коэффициент объемного использования отстойника, $\beta=1,5$;

$Q_{\text{час}}$ – расчетный расход воды;

V_p – скорость восходящего потока;

N – количество отстойников.

$$F = \frac{1,5 \times 312,5}{3,6 \times 0,6 \times 4} = 54,2 \text{ м}^2.$$

Площадь камеры хлопьеобразования

$$f_{\kappa} = \frac{Q_{\text{час}} \times t}{60 \times N \times H}, \quad (1.121)$$

где t – время пребывания воды в камере, $t=15$ мин.;
 H – высота камер хлопьеобразования.

$$f_{\kappa} = \frac{312,5 \times 15}{60 \times 4 \times 4,5} = 4,4 \text{ м}.$$

Площадь одного отстойника с учетом площади камеры хлопьеобразования

$$F_{\text{омс}} = 54,2 + 4,4 = 58,6 \text{ м}^2, \quad (1.122)$$

Диаметр отстойников

$$D = \sqrt{\frac{F_{\text{омс}} \times 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{58,6 \times 4}{3,14}} = 8,6 \text{ м}, \quad (1.123)$$

Принимаем трубопровод для сброса осадка $d=200$ мм.

Тогда высота конической осадочной части отстойника при уклоне наклона стен к горизонту 50° :

$$h_{\kappa} = \frac{D - d}{2 \operatorname{tg}(90^\circ - 50^\circ)} = \frac{8,6 - 0,2}{2 \times 0,84} = 5, \text{ м}, \quad (1.124)$$

Объем конической части

$$W_{\text{ос}} = \frac{\pi}{3} \times h_{\kappa} \left[\left(\frac{D}{2} \right)^2 + \left(\frac{d}{2} \right)^2 + \left(\frac{D}{2} \right) \left(\frac{d}{2} \right) \right] = \frac{3,14}{3} \times 5 \times (18,5 + 0,01 + 4,3 + 0,1) = 119,9 \text{ м}^3.$$

Период работы между сбросами осадка

$$T = \frac{W_{\text{ос}} \times N \times \delta}{Q \times (C_{\text{ср}} - m)}, \quad (1.125)$$

где $C_{\text{ср}}$ – средняя концентрация взвешенных веществ в воде, поступающих в отстойник, $C_{\text{ср}}=296$ мг/дм³;

m – количество взвеси в воде, выходящей после обработки в отстойнике,
 $m=8\text{мг/ дм}^3$;

δ – концентрация взвешенных веществ.

$$T = \frac{119,9 \times 4 \times 25000}{312,5 \cdot (296 - 8)} = 133,2 \text{ сут.}$$

Для сброса осветленной воды устраиваем один периферийный желоб.
 Расчетная скорость движения в желобе $V_{\text{ж}}=0,6$ м/с.

Площадь желоба

$$f_{\text{ж}} = \frac{g_c}{V_{\text{ж}}} = \frac{0,007}{0,6} = 0,011 \text{ м}^2, \quad (1.126)$$

1.2.25 Расчет тонкослойных элементов

Принимаем тонкослойные элементы прямоугольного сечения с размерами в плане $0,05 \times 0,05$ м, угол наклона 60° . Значение конструктивного коэффициента и коэффициента объемного использования принимаем соответственно $K_K = 0,75$ и $K_{\text{О.И.}} = 0,7$.

Расчет технологических и конструктивных параметров сооружений, а также тонкослойных элементов производим по формуле п. [1].

Удельная нагрузка или производительность сооружения в расчете на площадь зеркала воды

$$l_0 = K_2 \cdot H_0 \left(\frac{V_H \cdot K_1}{u_0 \cdot \beta \cdot K_{\alpha\epsilon}} - 1 \right); \quad (1.127)$$

$$K_1 = \frac{1}{K_{\text{см}} \cdot K_{\text{О.И.}} \cdot K_K}; \quad (1.128)$$

$$K_2 = \frac{\varphi \cdot K_\phi \cdot K_{\text{см}}}{\sin \alpha \cdot \cos \alpha}, \quad (1.129)$$

где $\varphi = 1,25$ - коэффициент, который учитывает влияние гидродинамических условий потока в тонкослойных элементах;

$K_\phi = 1$ – коэффициент, который учитывает форму поперечного сечения тонкослойных элементов;

$H_0 = 0,05$ м – высота тонкослойного элемента;

$u_0 = 1,44$ м/час – расчетная скорость осаждения взвеси;

$\alpha = 60^\circ$ – угол наклона тонкослойных элементов к горизонту;

β – коэффициент, который учитывает стесненное осаждение взвеси под тонкослойными элементами;

$K_{ar} = 1,3$ – коэффициент агломерации, который учитывает влияние осадка, выделяющегося из тонкослойных элементов, на интенсификацию хлопьеобразования ;

$K_{CT} = 0,8$ – коэффициент, который учитывает стеснение сечения потока в тонкослойном элементе сползающим осадком ;

V_H – удельная нагрузка или производительность сооружения в расчете на площадь зеркала воды, $\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$. или $\text{м}/\text{час}$. ;

K_1, K_2 – обобщенные расчетные коэффициенты;

l_0 – длина тонкослойного элемента, м;

$K_{O.И.} = 0,7$ – коэффициент, который учитывает гидравлическое совершенство тонкослойного сооружения и степень его объемного использования – отношение фактического к расчетному времени пребывания воды ;

$K_K = 0,75$ – конструктивный коэффициент, который равен отношению фактической открытой для движения воды площади тонкослойных элементов к общей площади зеркала воды отстойного сооружения .

С учетом реконструкции существующих осветлителей установлено, что нагрузка на сооружения не может быть более 6 м/час.

$$K_1 = \frac{1}{0,8 \cdot 0,7 \cdot 0,75} = 2,4;$$

$$K_2 = \frac{1,25 \cdot 1 \cdot 0,8}{0,87 \cdot 0,5} = 2,3;$$

$$l_0 = 2,3 \cdot 0,05 \left(\frac{4 \cdot 2,4}{1,44 \cdot 1,3} - 1 \right) = 0,72(\text{м}) .$$

Принимаем удельную нагрузку равной 4 м/час, а длину тонкослойного элемента 0,8 м.

1.3 Гидравлический расчет сетей

1.3.1 Расчетные расходы воды

Вода из хозяйственно-питьевого водопровода предприятия используется на хозяйственно-бытовые нужды предприятия, на производственные нужды, требующие воду питьевого качества, и на тушение пожара.

Техническая вода из производственного водопровода используется на технологические нужды предприятия, подпитку оборотных систем и полив территории.

Среднесуточные и максимально часовые расходы воды в максимальную смену приведены в таблицах 1.4 и 1.5. Расходы воды подсчитаны с учетом 10 % на неучтенные расходы.

Таблица 1.4 – Расход воды на хозяйственно-бытовые нужды предприятия

$Q_{сут}, м^3/сут$	$Q_{час}, м^3/час$	$Q_{сек}, л/сек$
426	199	56,1

Таблица 1.5 – Расход питьевой воды на производственные нужды

$Q_{сут}, м^3/сут$	$Q_{час}, м^3/час$	$Q_{сек}, л/сек$
736,9	59,2	16,4

Всего расчетный расход воды питьевого качества на предприятии равен

$$q = 56,1 + 16,4 = 72,5 л/сек, \quad (1.130)$$

Расход воды на тушение пожара

Принимаем один пожар – в зависимости от площади предприятия. Расчетный расход воды на наружное пожаротушение принимаем, $q=15 л/сек$, зависит от степени огнестойкости и внутреннего объема наиболее пожароопасного цеха (степень огнестойкости 1 и 2, категория А).

Расход воды на тушение пожара для внутренних пожарных кранов составляет, 11,0 л/сек– 2 струи по 5,5 л/сек.

Расчетный пожарный расход равен

$$q = 15,0 + 11,0 = 26 л/сек, \quad (1.131)$$

Расходы воды на производственные нужды приведены в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Расход воды на производственные нужды

$Q_{сут}, м^3/сут$	$Q_{час}, м^3/час$	$Q_{сек}, л/сек$
997,5	95	26,6

Кроме того, техническая вода подается на соседнее промпредприятие в количестве

$$Q_{ср.} = 3752,5 м^3/сут = 234,6 м^3/час = 66,5 л/сек, \quad (1.132)$$

Расчетный расход производственной воды равен

$$q=26,6+66,5=93,1 \text{ л/сек,} \quad (1.133)$$

1.3.2 Трассировка сети. Выбор материала труб

Надежная работа водопроводной сети обеспечивается правильным выбором ее конфигурации.

Выбор трассы определяется из условия выполнения следующих принципов:

- 1) водопроводная сеть охватывает всех потребителей;
- 2) сеть должна иметь возможно меньшую стоимость, для чего вода подается на кратчайшие расстояния;
- 3) сеть обеспечивает бесперебойную подачу воды потребителям, что обеспечивается устройством кольцевой сети.

Хозяйственно-противопожарный водопровод

Основная магистральная сеть состоит из трех колец, где предусмотрена установка пожарных гидрантов. Ввод от городского водовода до сети промпредприятия осуществляется по двум ниткам.

Производственный водопровод

Сеть производственного водопровода тупиковая. Для бесперебойной подачи производственной воды предусмотрены две нитки от насосной станции II-го подъема до сети, а для бесперебойной подачи воды на районную котельную производственная сеть имеет одно кольцо, и, кроме того, подача воды на котельную осуществляется по двум вводам.

Выбор материала труб принимаем на основе учета агрессивности грунта и транспортируемой воды, а также условий работы трубопроводов и требований к качеству воды [1, п. 8.21]. Принимаем напорные трубы из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом. К плюсам труб ВЧШГ следует отнести их высокие прочностные свойства, близкие к свойствам углеродистой стали (предел прочности при растяжении, предел текучести и относительное удлинение) и повышенной коррозионной стойкостью. В результате модифицирования частицы графита в ВЧШГ находятся в виде маленьких сфер (шариков), предупреждая любой риск образования и распространения трещин, одновременно придавая чугуну пластичность и прочность. Высокие механические свойства достигаются химическим составом чугуна и высокотемпературным отжигом, и позволяют применять

трубы при различных температурных нагрузках, при движении, перемещении и просадке грунта.

Трубы ВЧШГ могут выдерживать высокие диаметральные прогибы при эксплуатации, сохраняя все характеристики, что позволяет им выдерживать большую толщину почвенного покрытия и большие дорожные нагрузки. На внутреннюю поверхность труб наносится слой песчано-цементного покрытия (ЦПП), толщина которого и свойства соответствуют требованиям ТУ 1461-037-50254094-2000. Внешняя обработка чугунных труб ВЧШГ выполняется с использованием битумного лака, отвечающего требованиям ГОСТ 5631-79.

Для водовода от насосной станции первого подъема до очистных сооружений системы производственного водоснабжения принимаем стальные трубы ГОСТ 10704-76*, так как по трассе проектируемого водопровода есть включения просадочных грунтов.

Стальные трубы имеют плюсы по сравнению с чугунными: они выдерживают большее внутреннее давление, большая длина стальных труб позволяет уменьшить количество стыков, что делает легче работы по монтажу сетей. Недостаток стальных труб, то, что они в значительной степени подвержены коррозии и нуждаются в эффективной антикоррозионной защите как от грунтовых вод, так и блуждающих токов. Несмотря на то, что удельный расход металла в стальных трубах ниже, чем в чугунных, сталь является более дорогим и дефицитным материалом.

1.3.3 Гидравлический расчет сетей

Гидравлический расчет сети заключается в определении диаметров водопроводных труб отдельных участков и потерь напора в сети.

Для определения диаметров участков необходимо знать расчетные расходы в этих участках. При этом подача воды водопитателей равняется сумме отводов. Сумма расходов, подходящих к узлу, равняется сумме расходов, выходящих из узла.

Сумма потерь напора в кольце должна равняться нулю. При назначении начального потока распределения в сети почти невозможно обеспечить условие $\sum h=0$ и $\sum q_{\text{узел}}=0$. Поэтому допускаем невязку в кольце $\sum h=\pm 0,5\text{ м}$.

Так как расход воды на хозяйственно-бытовые нужды на предприятии малы, то за определяющие диаметры приняты те, которые подобраны при расчете на пропуск пожарного расхода.

При расчете разветвленной производственной сети по намеченным расходам воды определены наиболее экономичные диаметры на участках сети и потери напора в них. Узловые расходы хозяйственно-противопожарной и производственной сетей приведены в таблицах 1.7, 1.8 соответственно.

Таблица 1.7 – Хозяйственно-противопожарная сеть. Узловые расходы

№ узлов	Прилегающие участки	Узловые расходы, л/сек
2	6 – 2, 2 – 3	0,9
3	2 – 3, 3 – 4	2,1
4	3 – 4, 4 – 8	0,9
6	2 – 6, 6 – 7, 6 – 9	0,9
7	6 – 7, 7 – 8	2,9
10	9 – 10, 10 – 11	6,7
11	10 – 11, 11 – 12	2,9
13	9 – 13, 13 – 15	4,3
15	13 – 15, 15 – 16	22,3
16	15 – 16, 16 – 17	22,3
17	16 – 17, 17 – 12	6,7

Таблица 1.8 – Производственная сеть. Узловые расходы

№ узлов	Узловой расход, л/с
1	7,2
3	3,2
5	66,5
6	2,1
7	2,1
8	1,8
10	1,2
13	7,2
15	1,9

Гидравлический расчет сетей приведен в таблицах 1.9, 1.10 и 1.11.

Таблица 1.9 – Гидравлический расчет хозяйственно – противопожарной сети на час пожара при максимальном водопотреблении

№ кольца	Участок	Длина участка L, м	Расход q, л/сек	Диаметр d, мм	Скорость V, м/сек	1000 i , м	Потери на участке , h , м
	6 - 2	290	12,5	150	0,7	6,71	+ 1,95
	2 - 3	109	11,5	150	0,59	4,87	+ 0,53
1	4 – 3	73	9,4	150	0,53	4,07	+ 0,3
	4 – 8	310	8,5	150	0,48	3,32	+ 1,03
	8 – 7	36	18,0	150	1,01	13,2	- 0,48
	7 - 6	197	21,0	150	1,18	17,6	- 3,47
							h = - 0,14
	6 – 7	197	21,0	150	1,18	17,6	+ 3,47
	7 – 8	36	18,0	150	1,01	13,2	+ 0,48
	8 – 12	88	26,5	150	1,49	27,8	+ 2,45
2	12– 11	55	10,4	150	0,59	4,87	- 0,27
	11– 10	24	13,1	150	0,73	7,21	- 0,17
	10 – 9	154	20,1	150	1,12	16,0	- 2,46

Окончание таблицы 1.9

№ кольца	Участок	Длина участка L, м	Расход q, л/сек	Диаметр d, мм	Скорость V, м/сек	1000 i, м	Потери на участке, h, м
	9 - 6	88	68,0	200	2,15	39,8	- 3,5
							h = 0
	9 – 11	154	20,1	150	1,12	16,0	+ 2,46
	10– 11	24	13,2	150	0,73	7,21	+ 0,17
	11– 12	55	10,4	150	0,59	4,28	+ 0,27
3	12– 17	280	36,6	200	1,15	11,6	+ 3,25
	17– 16	7	12,4	150	0,7	6,71	- 0,05
	16– 15	98	20,9	150	1,18	17,6	- 1,72
	15– 13	215	43,3	200	1,38	16,3	- 3,5
	13 - 9	37	47,9	200	1,52	19,8	- 0,73
							h = 0,15

Таблица 1.10 – Гидравлический расчет хозяйственно- противопожарной сети в час максимального водопотребления

№ кольца	Участок	Длина участка L, м	Расход q, л/сек	Диаметр d, мм	Скорость V, м/сек	1000 i, м	Потери на участке, h, м
1	2	3	4	5	6	7	8
	6 – 2	290	9,25	150	0,62	3,88	+ 1,13
	2 – 3	109	8,35	150	0,47	3,22	+ 0,35
1	4 – 3	73	6,15	150	0,55	1,78	+ 0,13
	4 – 8	310	5,25	150	0,50	1,31	+ 0,41
	8 – 7	36	12,0	150	0,67	6,22	- 0,22
	7 – 6	197	15,0	150	0,84	9,39	- 1,85
							h = - 0,6
	6 – 7	197	15,0	150	0,84	9,39	+ 1,85
	7 – 8	36	12,0	150	0,67	6,22	+ 0,22
	8 –12	88	17,25	150	0,96	12,15	+ 1,07
2	12– 11	55	4,25	150	0,44	0,96	- 0,05
	11– 10	24	7,25	150	0,6	2,49	- 0,06
	10 – 9	154	14,25	150	0,8	8,53	- 1,31
	9 – 6	88	51,25	200	1,61	22,4	- 1,97
							h = - 0,25
	9 –10	154	14,25	150	0,8	8,53	+ 1,31
	10– 11	24	7,25	150	0,6	2,49	+ 0,06
	11– 12	55	4,25	150	0,44	0,96	+ 0,05
	15– 17	280	21,5	200	0,68	4,34	+ 1,22
3	17 –16	7	12,5	150	0,70	6,71	- 0,05
	16– 15	98	9,0	150	0,51	3,69	- 0,36
	15– 13	215	32,5	200	1,03	9,31	- 2,00
	13 - 9	37	37,0	200	1,18	11,9	- 0,44
							h = - 0,21

Таблица 1.11 – Гидравлический расчет производственной сети в час максимального водопотребления

Участок	Длина участка L, м	Расход q, л/сек	Диаметр d, мм	Скорость V, м/сек	1000 i , м	Потери на участке h, м
3 – 1	193	31,6	250	0,64	2,89	+ 0,56
1 – 5	428	24,0	250	0,49	1,76	+ 0,75
5 – 4	213	47,9	250	0,97	6,28	- 1,34
4 - 3	22	63,2	250	1,27	10,5	- 0,23
						h = - 0,26
14 – 13 – 11	278	2,0	50	1,02	54,71	15,21
12 – 11	146	7,6	100	0,96	20,2	2,95
11 – 10	175	9,6	100	1,20	30,6	5,35
10 – 7	63	10,9	100	1,39	41,0	2,53
7 – 6	25	13,1	100	1,64	57,3	1,43
6 – 4	35	15,3	100	1,90	76,3	2,67
8 – 9 - 5	118	1,9	50	1,02	54,71	6,46

2 Технико-экономический расчет

2.1 Общие положения

Перед технико-экономических расчетов в работе систем водоснабжения решаются следующие вопросы:

- производительность системы водоснабжения;
- источник водоснабжения, качество воды в источнике;
- тип и параметры водозаборных сооружений;
- параметры насосной станции 1-го подъема;
- характеристика водоводов от насосной станции 1-го подъема до очистных сооружений (количество ниток водоводов, материал труб, глубина укладки, диаметр и длина);
- способ очистки, применяемые реагенты, состав очистных сооружений, способ обеззараживания;
- схемы подачи и распределения воды по населенному пункту или предприятию с указанием длины и диаметра труб.

При выборе типовых проектов и решений из паспортов следует выписать все технико-экономические показатели, удельные расходы средств, материалов, энергии и эксплуатационные показатели по каждому сооружению или оборудованию.

Для составления календарного и сетевого графика строительства (по разделу ПОС) выписать трудозатраты (в человеко-днях) по основным сооружениям, зданиям и трубопроводам.

Для определения оптимального варианта рассчитывается стоимость строительства (K), эксплуатационные затраты (\mathcal{E}) и приведенные затраты (Π) по формуле

$$\Pi = E \cdot K + \mathcal{E}, \text{ тыс. руб./год}, \quad (2.1)$$

где E – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений: 0,12 для зданий, сооружений, трубопроводов; 0,2 для нового оборудования, систем автоматики, новых технологий; 0,08 для районов Севера.

Технико-экономический расчет (А.1–А.12) приведен в Приложении А.

На рисунке 2.1 показано распределение затрат на реализацию проекта в процентном соотношении.

Согласно расчету, капитальные вложения составляют 140907,9 тыс. руб., что составляет 79 % от общих затрат на реализацию проекта. Эксплуатационные затраты составляют 38215,5 тыс. руб. – 21 % от общих затрат на реализацию проекта.

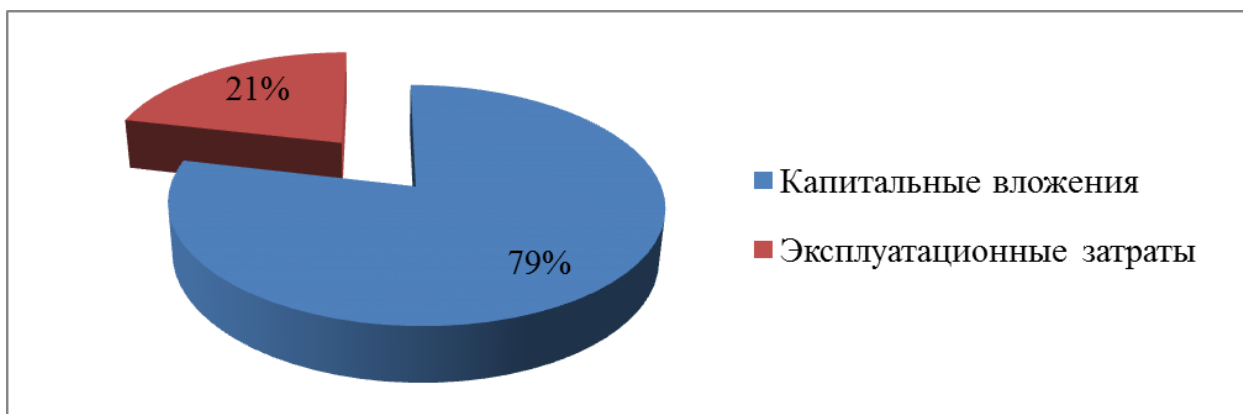


Рисунок 2.1 – Распределение затрат на реализацию проекта в процентном соотношении

На рисунке 2.2 приведено распределение эксплуатационных затрат по статьям расходов в процентном соотношении.

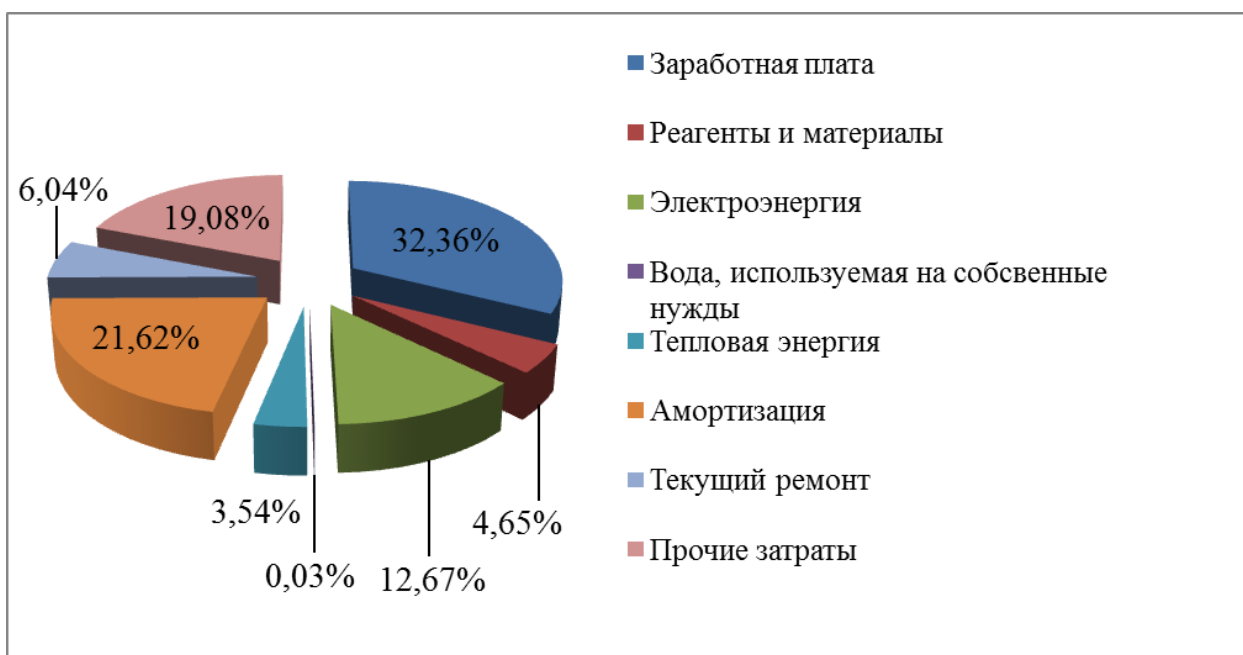


Рисунок 2.2 – Распределение эксплуатационных затрат по статьям расходов в процентном соотношении

По схеме видно, что наибольшую часть затрат составляют расходы на заработную плату (32,36 %) и амортизационные расходы (21,62 %). Себестоимость получения 1 м³ воды составила 18,06 руб./м³. Срок окупаемости проекта – 4 года.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе разработана система водоснабжения промышленного предприятия. Источником водоснабжения приняты поверхностные воды.

Рассчитан и спроектирован русловой водозабор, совмещенный с насосной станцией I подъема, станция водоподготовки и насосной станции II подъема. Так как качество воды в источнике не соответствует требованиям предъявленным к качеству воды предприятия, то предусмотрена очистка воды на осветлителях со взвешенным слоем осадка и скорых фильтрах, первичное и вторичное обеззараживание воды раствором NaClO , полученным путем электролиза NaCl .

Произведен в гидравлический расчет сетей водоснабжения. Приняты трубы, которые выполнены из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом.

Определены технико-экономические показатели проекта.

В выпускной квалификационной работе применены прогрессивные технические решения:

Использование оксихлорида алюминия позволяет снизить дозу вводимого коагулянта в 2 раза, уменьшить время коагуляции в 1,5-3,0 раза, дает возможность эффективно очищать воду в широком диапазоне температур и исключает применение дополнительных реагентов для корректировки pH среды.

Оборудование осветлителей со взвешенным слоем осадка рециркуляторами позволит улучшить качество очищаемой воды, значительно снизить расход коагулянта и ускорить осаждение скоагулированной взвеси.

Работа направлена на реализацию мероприятий по рациональному использованию водных ресурсов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 СанПиН 2.1.5.980–00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод», Минздрав России 2000 г.
- 2 ГН 2.1.5.1315–03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования». М.: Минздрав России, 2003.
- 3 ГОСТ 2761–84* «Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора» от 27 ноября 1984 г. N 4013.
- 4 СанПиН 2.1.4.1074–01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества». Минздрав России. М.: 2002 г., 103 с.
- 5 Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий, ОНД–86. ГОСКОМГИДРОМЕТ
- 6 СанПиН 2.2.1./2.1.1 1200–03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов». (Новая редакция от 1.03.2008).
- 7 СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84*; введ. 01.01.2013. – Москва: Минрегион России, 2012. – 156 с.
- 8 Водоснабжение и водоотведение. Наружные сети и сооружения. Справочник/Б.Н. Репин. – М.: Высш. шк., 1995. – 431 с.
- 9 Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб/Ф.А. Шевелев, А.Ф. Шевелев. – М.: Стройиздат, 1984. – 116 с.
- 10 Оборудование водопроводно-канализационных сооружений/Под ред. А.С. Москвитина. – М.: Стройиздат, 1979. – 430 с.
- 11 Водозаборные сооружения для водоснабжения из поверхностных источников/Под ред. К.А. Михайлова, А.С. Образовского. – М.: Стройиздат, 1976. – 368 с.
- 12 Водоснабжение/Н.Н. Абрамов. – М.: Стройиздат, 1974. – 480 с.
- 13 Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: В 3-х т. – Т 1. Системы водоснабжения. Водозаборные сооружения / Научно-методическое руководство и общая редакция докт. техн. наук, проф. Журбы М.Г. Вологда – Москва: ВоГТУ, 2001. – 209 с.
- 14 Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: В 3-х т. – Т 2. Очистка и кондиционирование природных вод / Научно-методическое

руководство и общая редакция докт. техн. наук, проф. Журбы М.Г. Вологда – Москва: ВоГТУ, 2001. – 324 с.

15 Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: В 3-х т. – Т 1. Системы распределения и подачи воды / Научно-методическое руководство и общая редакция докт. техн. наук, проф. Журбы М.Г. Вологда – Москва: ВоГТУ, 2001. – 188 с.

16 ЕНиР. Сборник Е2. Земляные работы. Вып. 1. Механизированные и ручные земляные работы/Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1986. – 224 с

17 Укрупненные показатели стоимости строительства (УПСС). Здания и сооружения внеплощадочных систем водоснабжения и канализации промышленных предприятий / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1980. – 144 с.

18 СанПиН 2.1.4.1110-02 Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения Госкомсанэпиднадзор РФ, 2002 г.

19 СанПиН 2.1.7. 1322-03. Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления. М.: Минздрав РФ, 2003 г.

20 СП 5.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования; введ. 01.05.2009 – Москва 2009. – 102 с.

21 СТО 4.2–07–2014 Система менеджмента качества. Организация учета и хранения документов. – введ. 09.01.14. – Красноярск: ИПК СФУ, 2014. – 60 с.

22 Халтурина Т.И. водоподготовка. Расчет станций водоочистки для хозяйственно-питьевых целей: учеб. пособие. Красноярск: КрасГАСА, 2006. 355с.

23 Халтурина Т.И. Выбор технологических схем очистки очистных сооружений хозяйственно-питьевого водоснабжения: Методические указания к курсовому и дипломному проектированию для студентов специальности 290800-«Водоснабжение и Водоотведение»/ Т.И. Халтурина. Красноярск, 2003. 58с.

24 Халтурина Т.И. Проектирование и расчет реагентного хозяйства водопроводных очистных сооружений: Методические указания к курсовому и дипломному проектированию для студентов специальности 290800 «Водоснабжение и Водоотведение»/ Т.И. Халтурина, О.В. Чурбакова. Красноярск, 2002. 56с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Технико-экономический расчет

А.1 Расчет капитальных вложений

Размер капитальных вложений определялся для проектируемых новых зданий, сооружений, оборудования и трубопроводов по «Укрупненным показателям стоимости строительства (УПСС)» в ценах 1991 г.; по прайс-листам в ценах 2017 г.

В ценах на 1 января 2017 г. стоимость строительно-монтажных работ пересчитывается с учетом индексов $K=14,46$ с цен 1991 г. к ценам 2001г.; $K=6,40$ с цен 2001 г. к ценам 2017 г.

Стоимость нового оборудования, трубопроводов, материалов и реагентов по прайс-листам торговых фирм или производителей.

Результаты расчетов капитальных вложений приведены в таблицах А.1 и А.2.

Таблица А.1– Объектный сметный расчет осветлителя с взвешенным слоем осадка

Обоснование стоимости	Наименование	Ед. Изм.	Кол-во	Стоимость				Всего, тыс.р.
				Строительство, тыс.р.	Монтаж, тыс.р.	Оборудование, тыс.р.	Проч. зат-ты, тыс.р.	
Трубопроводы:								
Прайс-лист "МРТД" 2017 г.	Чугунные ВЧШГ d=50мм	м.	400	126,5	40,2	24,1	10,0	200,8
	Чугунные ВЧШГ d=100мм	м.	450,0	240,2	76,3	45,8	19,1	381,3
	Чугунные ВЧШГ d=250мм	м.	900,0	1 284,6	407,8	244,7	102,0	2 039,0
Итого в ценах 2017 г.:				1 651,3	524,2	314,5	131,1	2 621,1
УПСС 1991г.	Стальные d=200	м.	1 000,0	17,5	5,5	3,3	1,4	27,7
	В ценах 2017 г.:		K=92,5	1 618,8	508,8	305,3	129,5	2 562,4
Итого в ценах 2017 г.:				3 270,1	1 033,0	619,8	260,6	5 183,5
Сооружения:								
УПСС 1991г.	Водозаборное сооружение Q=8043,8 м ³ /сут.	Соор.	1,0	191,9	60,9	36,6	15,2	304,6

Окончание таблицы А.1

Обоснование стоимости	Наименование	Ед. Изм.	Кол-во	Стоимость				Всего, тыс.р.
				Строительство, тыс.р.	Монтаж, тыс.р.	Оборудование, тыс.р.	Проч. зат-ты, тыс.р.	
	Блок сооружений на осветлителях, с реагентным хозяйством и НС-II	Соор.	1,0	291,0	92,4	55,4	23,1	461,8
	Резервуар чистой воды, 1000м ³	шт.	2,0	66,5	21,1	12,7	5,3	105,6
	Установ-ка электролиза ра ЭН-25	Соор.	1,0	33,9	10,8	6,5	2,7	53,8
Итого в ценах 1991 г.:				583,3	185,2	111,1	46,3	925,8
Итого в ценах 2017 г.:			К=92,5	53 955,3	17 131,0	10 276,8	4 282,8	85 636,5
Итого:				57 225,4	18 164,0	10 896,6	4 543,4	90 820,0

Таблица А.2 – Объектный сметный расчет с вертикальными отстойниками

Обосно- вание стои- мости	Наимено- вание	Ед. Изм.	Кол-во	Стоимость				Всего, тыс.р.
				Строи- тельство, тыс.р.	Монтаж, тыс.р.	Обору- дование, тыс.р.	Проч. зат-ты, тыс.р.	
Трубопроводы:								
Прайс- лист "МРТД" 2017 г.	Чугунные ВЧШГ d=50мм	м.	400	126,5	40,2	24,1	10,0	200,8
	Чугунные ВЧШГ d=100мм	м.	450,0	240,2	76,3	45,8	19,1	381,3
	Чугунные ВЧШГ d=250мм	м.	900,0	1 284,6	407,8	244,7	102,0	2 039,0
Итого в ценах 2017 г.:				1 651,3	524,2	314,5	131,1	2 621,1
УПСС 1991г.	Стальные d=200	м.	1 000,0	17,5	5,5	3,3	1,4	27,7
	В ценах 2017 г.:		К=92,5	1 618,8	508,8	305,3	129,5	2 562,4
Итого в ценах 2017 г.:				3 270,1	1 033,0	619,8	260,6	5 183,5
Сооружения:								
УПСС 1991г.	Водозабор ное сооруже- ние Q=8043,8 м ³ /сут.	Соор.	1,0	191,9	60,9	36,6	15,2	304,6

Окончание таблицы А.2

Обоснование стоимости	Наименование	Ед. Изм.	Кол-во	Стоимость				Всего, тыс.р.
				Строительство, тыс.р.	Монтаж, тыс.р.	Оборудование, тыс.р.	Проч. затраты, тыс.р.	
УПСС 1991г.	Водозаборное сооружение Q=8043,8 м ³ /сут.	Соор.	1,0	191,9	60,9	36,6	15,2	304,6
	Блок сооружений на вертикальных отстойниках, с реагентным хозяйством и НС-II	Соор.	1,0	784,0	248,9	149,3	62,2	1 244,40
	Резервуар чистой воды, 1000м ³	шт.	2,0	66,5	21,1	12,7	5,3	105,6
	Установка электролиза ЭН-25	Соор.	1,0	33,9	10,8	6,5	2,7	53,8
Итого в ценах 1991 г.:				1 076,3	341,7	205,0	85,4	1 708,4
Итого в ценах 2017 г.:			K=92,5	99 557,8	31 607,3	18 952,5	7 899,5	158 027,0
Итого:				102 827,9	32 640,3	19 582,3	8 160,1	163 210,5

А.2 Определение сметной стоимости строительства

Сводный сметный расчет стоимости строительства комплекса очистных сооружений производительностью Q=5000 м³/сут. составлен в ценах 2017 г. и представлен в таблицах А.3 и А.4.

Таблица А.3 – Сводный сметный расчет для осветлителя со взвешенным слоем осадка

№ сметы и рас- чета	Наименование глав, объекта, работ и затрат	Стоимость тыс.руб.				Общая сметная стоимость, тыс.руб.
		строи- тельство	монтаж	обору- дование	прочие затраты	
Р-1	ГЛАВА 1 Подготовка территории строительства	502,098			334,73	836,83
	итого по главе 1	502,098			334,73	836,83
объек- тная смета	ГЛАВА 2 Основные объекты строительства.	52720,3	16736,60	10042		83 683,00
	итого по главе 2	52720,3	16736,60	10042		83 683,00
Р-2	ГЛАВА 3 Объекты подсобного	7908,04	2510,490	1506,29		79498,85
	итого по главе 3	7908,04	2510,490	1506,29		79498,85
Р-3	ГЛАВА 4 Объекты энергетического хозяйства	3901,3	1238,508	743,105		11924,83
	итого по главе 4	3901,3	1238,508	743,105		11924,83
Р-4	ГЛАВА 5 Объекты транспортного хозяйства и связи	2372,41				2372,41
	итого по главе 5	2372,41				2372,41
Р-5	ГЛАВА 6 Наружные инженерные сети	2741,46	870,303	522,182		4133,94
	итого по главе 6	2741,46	870,303	522,182		4133,94
Р-6	ГЛАВА 7 Благоустройство и озеленение территории	2108,81				2108,81
	итого по главе 7	2108,81				2108,81
	итого по главе 1- 7	72254,4	21355,9	12813,5	334,73	106758,59
Р-7	ГЛАВА 8 Временные здания и сооружения	2167,63	640,6770			2808,31
	итого по главе 8	2167,63	640,6770			2808,31
	итого по главе 1- 8	74422	21996,58	12813,5	334,73	109566,90
Р-8	ГЛАВА 9 Прочие работы и затраты.	2210,33	653,2984			2863,63
Р-9	Передвижной характер работ				2024,79	2024,79
Р-10	Премирование за ввод объектов				2024,79	2024,79
	итого по главе 9	2210,33	653,2984		2024,79	4888,42
	итого по главе 1-9	76632,4	22649,88	12813,5	2359,52	114455,32

Окончание таблицы А.3

№ сметы и рас- чета	Наименование глав, объекта, работ и затрат	Стоимость тыс.руб.				Общая сметная стоимость, тыс.руб.
		строи- тельство	монтаж	обору- дование	прочие затраты	
Р-11	ГЛАВА10 содержание дирекции строящегося предприятия				801,19	801,19
	итого по главе 10				801,19	801,19
Р-12	ГЛАВА11 подготовка эксплуатационных кадров				1144,55	1144,55
	итого по главе 11				1144,55	1144,55
Р-13	ГЛАВА12 проектные и изыскательные работы				3433,66	3433,66
	итого по главе12				3433,66	3433,66
	итого по главе 1-12	76632,4	22649,88	12813,5	7738,92	119834,72
Р-15	Возврат сумм					421,25
	итого					119413,47
	с учетом НДС					140907,90

Таблица А.4 – Сводный сметный расчет для вертикального отстойника

№ сметы и рас- чета	Наименование глав, объекта, работ и затрат	Стоимость тыс.руб.				Общая сметная стоимость, тыс.руб.
		строитель- ство	Монтаж	обору- дование	Прочие затраты	
Р-1	ГЛАВА 1 Подготовка территории строительства	901,228			600,82	1502,05
	итого по главе 1	901,228			600,82	1502,05
объек- тная смета	ГЛАВА 2 Основные объекты строительства.	94628,9	30040,920	18024,6		150 204,60
	итого по главе 2	94628,9	30040,920	18024,6		150 204,60
Р-2	ГЛАВА 3 Объекты подсобного	14194,3	4506,138	2703,68		142694,37
	итого по главе 3	14194,3	4506,138	2703,68		142694,37
Р-3	ГЛАВА 4 Объекты энергетического хозяйства	7002,54	2223,028	1333,82		21404,16
	итого по главе 4	7002,54	2223,028	1333,82		21404,16

Окончание таблицы А.4

№ сметы и расчета	Наименование глав, объекта, работ и затрат	Стоимость тыс.руб.				Общая сметная стоимость, тыс.руб.
		строи- тельство	Монтаж	обору- дование	Прочие затраты	
Р-4	ГЛАВА 5 Объекты транспортного хозяйства и связи	4258,3				4258,30
	итого по главе 5	4258,3				4258,30
Р-5	ГЛАВА6 Наружные инженерные сети	4920,7	1562,128	937,277		7420,11
	итого по главе 6	4920,7	1562,128	937,277		7420,11
Р-6	ГЛАВА 7 Благоустройство и озеленение территории	3785,16				3785,16
	итого по главе 7	3785,16				3785,16
	итого по главе 1- 7	129691	38332,214	22999,3	600,82	191623,52
Р-7	ГЛАВА 8 Временные здания и сооружения	3890,73	1149,966			5040,70
	итого по главе 8	3890,73	1149,966			5040,70
	итого по главе 1- 8	133582	39482,180	22999,3	600,82	196664,22
Р-8	ГЛАВА 9 Прочие работы и затраты.	3967,38	1172,6208			5140,00
Р-9	Передвижной характер работ				3634,35	3634,35
Р-10	Премирование за ввод объектов				3634,35	3634,35
	итого по главе 9	3967,38	1172,6208		3634,35	8774,35
	итого по главе1-9	137549	40654,80	22999,3	4235,16	205438,57
Р-11	ГЛАВА10 содержание дирекции строящегося предприятия				1438,07	1438,07
	итого по главе 10				1438,07	1438,07
Р-12	ГЛАВА11 подготовка эксплуатационных кадров				2054,39	2054,39
	итого по главе 11				2054,39	2054,39
Р-13	ГЛАВА12 проектные и изыскательные работы				6163,16	6163,16
	итого по главе12				6163,16	6163,16
	итого по главе 1-12	137549	40654,80	22999,3	13890,78	215094,18
Р-15	Возврат сумм					756,11
	итого					214338,08
	с учетом НДС					252918,93

Вывод: С экономической точки зрения схема водоподготовки с блоком осветлителей выгоднее, чем схема с блоком вертикальных отстойников, принимаем схему с осветлителями.

А.3 Расчет эксплуатационных затрат

Годовые эксплуатационные затраты складываются по отдельным элементам годовых затрат по формуле

$$C = C_p + C_{з/пл} + C_{эл} + C_a + C_v + C_m + C_{тр} + C_{пр},$$

где $C_{з/пл}$ - заработная плата обслуживающего персонала с отчислениями на социальное страхование, тыс. руб;

C_p – стоимость реагентов и других строительных материалов, тыс. руб;

$C_{эл}$ – стоимость электроэнергии, тыс. руб;

$C_{тр}$ – затраты на текущий ремонт, тыс. руб;

$C_{пр}$ – прочие затраты, тыс. руб;

$C_{ам}$ – амортизационные отчисления, тыс.руб;

C_v – стоимость воды, использованной на собственные нужды, тыс. руб;

C_m – затраты на отопление тыс.руб.

Расчет отдельных элементов затрат эксплуатационных расходов базируется на исходных данных, которые разработаны в различных разделах проекта:

- технологического – годовая потребность в отдельных видах реагентов, материалов, воды на собственные нужды, количество обслуживающего персонала по отдельным категориям работающих;
- электротехнического – годовой расход электроэнергии, расчетная величина присоединяемой и заявленной мощности энергоприемников;
- теплотехнического – годовой расход тепловой энергии или топлива, вид теплоносителя или топлива, их параметры и марки.

При расчете отдельных составляющих эксплуатационных расходов используются данные, полученные от заказчика:

Стоимость единицы потребляемых реагентов, материалов, тепловой и электрической энергии, топлива, воды, средняя годовая заработная плата по отдельным категориям работающих, районный коэффициент на зарплату, месторасположение поставщиков реагентов и топлива, вид транспорта и расстояние перевозки каждым видом транспорта от поставщика до объекта.

Себестоимость, определенная в проекте, исходя из расчета годовых эксплуатационных затрат, не может служить основанием для расчета с другими потребителями, которые пользуются услугами системы водоснабжения и водоотведения.

Фактическая себестоимость определяется организацией, осуществляющей эксплуатацию системы водоснабжения и канализации, в зависимости от условий эксплуатации.

Для определения полной себестоимости воды нужно к себестоимости, определенной по формуле, добавить тариф на воду, забираемую промышленными предприятиями из водохозяйственных систем.

А.4 Расходы на заработную плату

Затраты на заработную плату персонала определяются произведением численности обслуживающего персонала на показатель среднегодовой заработной платы, которая рассчитана на одного работающего соответствующей категории с учетом районного коэффициента.

Заработная плата зависит от количества эксплуатационного персонала по категориям работающих, годового фонда работающих и районного коэффициента. Результаты представлены в таблице А.5.

Таблица А.5 – Фонд заработной платы

Категория работника	Квалификационный коэффициент	Численность, чел.	Количество рабочих дней в год	Количество рабочих месяцев в году	Месячная оплата труда тыс.руб	Годовой фонд, тыс. руб.
ИТР	3	2	240	12	41 912,3	1 005 895,8
Рабочие	1	34	240	12	13 970,8	5 700 076,2
Служащие	2	2	240	12	27 941,6	670 597,2
МОП	0,5	2	144	12	6 985,4	167 649,3
Итого:		40				7 544 218,5

Годовой фонд оплаты труда с учетом всех социальных отчислений определяется по формуле

$$C_{з/пл} = МРОТ \cdot n_m \cdot n_i \cdot n_{раб} \cdot K_c \cdot K,$$

где *МРОТ* – минимальный размер оплаты труда, равный 8900 руб./мес.;

n_м – количество рабочих месяцев в году;

n_i – квалификация работника;

n_{раб} – численность рабочих;

K_с – коэффициент, который учитывает отчисления от суммы заработной платы единого социального налога в государственные внебюджетные фонды, *K_с*=1,365;

K – районный коэффициент, *K*=1,15.

А.5 Расчет стоимости реагентов и материалов

Стоимость реагентов, необходимых для очистки и обеззараживания воды, суммируется из отпускной цены и транспортных расходов и зависит от

производительности водопроводных сооружений и нормы расхода, определяемой качеством исходной воды. Результаты представлены в таблице А.6.

Таблица А.6 – Расчет стоимости реагентов

Наименование материалов	Доза реагента, мг/дм ³	Потребность реагентов, т/год	Стоимость, тыс.руб./т.	Общая стоимость, тыс.руб.
<u>Реагенты</u>				
ПАА	0,4	40,3	24	967,8
$Al_2(OH)_5Cl \cdot 6H_2O$	20	0,8	123	99,2
NaCl	10	20,16	8,6	17,34
Итого:				1084,34

А.6 Стоимость электроэнергии

Определение стоимости электроэнергии производится на основе действующих тарифов на электрическую энергию и данные по потребляемой мощности электросилового оборудования.

Показатели мощности электросилового приведены в таблице А.7.

Таблица А.7 – Характеристика электросиловых агрегатов

Наименование	Кол-во рабочих агрегатов	Мощность одного агрегата, кВт	Общая потребляемая мощность, кВт
Воздуходувка ВК-3	1	7,5	7,5
Насос Д 320-50	6	75	450
Насос ВВН-1-0,75	1	2,2	2,2
Мешалка флокулянта	1	1,2	1,2
Насос-дозатор НД-100-10	2	0,27	0,54
Электролизная ЭН-25	1	8,4	8,4
Итого:			469,84

Расчет затрат по электроэнергии определенных групп потребителей осуществляется по двухставочному тарифу.

Присоединяемая мощность определяется по формуле

$$N = \frac{P \cdot K_0 \cdot \sum N}{\cos \phi}$$

где P – коэффициент, который учитывает трансформаторный резерв, 1,5;

K_0 – коэффициент, который учитывает электросветильную нагрузку, 1,05;

$\sum N$ – сумма мощностей всех рабочих электроприемников;

$\cos \phi$ – коэффициент, мощности электродвигателя принимаем равным 0,9.

$$N = \frac{1,5 \cdot 1,05 \cdot 469,84}{0,9} = 822,22 \text{ кВт} \cdot \text{А}.$$

Годовой расход потребляемой электроэнергии определяется

$$W = 365 \cdot 24 \cdot N,$$

$$W = 365 \cdot 24 \cdot 469,84 = 7202647,2 \text{ кВт} \cdot \text{А} \cdot \text{год}.$$

Так как $\sum N < 750 \text{ кВт} \cdot \text{А}$, то стоимость электроэнергии считается по двухставочному тарифу

$$C_{эл} = \frac{T_2 \cdot W}{10^5} + \frac{12 \cdot T_M \cdot \sum N}{10^3},$$

где T_2 – ставка за электроэнергию для потребителей с присоединенной мощностью;

T_M – ставка за мощность, тыс.руб/кВт в месяц.

$$C_{эл} = \frac{410 \cdot 7202647,2}{10^6} + \frac{12 \cdot 29 \cdot 469,84}{10^5} = 2954,6 \text{ тыс.руб.}$$

A.7 Стоимость воды на собственные нужды

Затраты на воду C_v , тыс. руб., определяется из расчетного годового расхода на собственные нужды и тарифов на воду

$$C_v = Q_{соб} \cdot C_v / 1000,$$

где $C_v = 18,82 \text{ руб./м}^3$ – тариф на питьевую воду;

$Q_{соб}$ – расход воды на собственные нужды.

Годовой расход на собственные нужды, определяется

$$Q_{соб} = \frac{25 \cdot n \cdot 365}{1000},$$

где n – количество обслуживающего персонала, $n=40$.

$$Q_{соб} = \frac{25 \cdot 40 \cdot 365}{1000} = 365 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

Отсюда стоимость воды на собственные нужды будет составлять

$$C_v = \frac{Q_{соб} \cdot C_v}{1000} = \frac{365 \cdot 18,82}{1000} = 6,87 \text{ тыс.руб./год}.$$

А.8 Стоимость тепловой энергии на отопление, горячее водоснабжение, технологические нужды

Стоимость тепловой энергии, потребляемой на отопление, горячее водоснабжение и технологические нужды, определяется исходя из расчетного годового тепла и тарифов на тепловую энергию

$$C_m = \frac{Q_m \cdot C_\theta}{1000},$$

где C_θ – стоимость одной Гкалл, соответственно теплоносителя;
 Q_m – годовой расход тепла на отопление зданий.

$$Q_m = \frac{24 \cdot T_o \cdot \sum_{i=1}^m x_i \cdot a_i \cdot V_i \cdot (t_{cp} - t_n)}{10^3},$$

где T_o – отопительный период, сут;
 x_i – удельная тепловая характеристика здания, $\text{ккал}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{ч})$;
 a_i – поправочный коэффициент для жилых и общественных зданий, 1,08;
 V_i – наружный объем здания;
 t_{cp} – температура отапливаемого помещения, $^\circ\text{C}$;
 t_n – расчетная зимняя температура наружного воздуха, $^\circ\text{C}$.

Таблица А.8 – Удельные тепловые характеристики зданий

Наименование здания	Объем здания, тыс.м ³	x , $\text{ккал}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{ч})$	Т отапливаемого помещения, $^\circ\text{C}$
Водозабор совмещенный с НС I подъема	1,0	0,70	+5
НС II подъема	0,32	0,62	+5
Электролизерная	0,4	0,37	+5
Главный корпус станции очистки воды	2,4	0,35	+5
Административные здания	0,2	0,43	+18
Проходная	0,1	0,37	+18

Водозабор совмещенный с НС-I

$$Q_m = \frac{24 \cdot 240 \cdot 0,7 \cdot 1,08 \cdot 1,0 \cdot (5 - (-30))}{10^3} = 152,4 \text{ Гкалл},$$

НС-II

$$Q_m = \frac{24 \cdot 240 \cdot 0,62 \cdot 1,08 \cdot 0,32 \cdot (5 - (-30))}{10^3} = 43,2 \text{ Гкалл},$$

Электролизерная

$$Q_m = \frac{24 \cdot 240 \cdot 0,37 \cdot 1,08 \cdot 0,4 \cdot (5 - (-30))}{10^3} = 32,2 \text{ ГКалл},$$

Главный корпус станции очистки воды

$$Q_m = \frac{24 \cdot 240 \cdot 0,35 \cdot 1,08 \cdot 2,4 \cdot (5 - (-30))}{10^3} = 182,9 \text{ ГКалл},$$

Административные здания

$$Q_m = \frac{24 \cdot 240 \cdot 0,43 \cdot 1,08 \cdot 0,2 \cdot (18 - (-30))}{10^3} = 25,7 \text{ ГКалл},$$

Проходная

$$Q_m = \frac{24 \cdot 240 \cdot 0,37 \cdot 1,08 \cdot 0,1 \cdot (18 - (-30))}{10^3} = 11,04 \text{ ГКалл},$$

$$\Sigma Q_m = 152,4 + 43,2 + 32,2 + 182,9 + 25,7 + 11,04 = 447,44 \text{ ГКалл},$$

$$C_m = \frac{447,44 \cdot 1845,28}{1000} = 825,65 \text{ тыс.руб./год.}$$

А.9 Амортизационные отчисления

Амортизационные отчисления за полное восстановления основных фондов канализационных очистных сооружений $C_{ам}$, тыс. руб, определяем

$$C_{ам} = \sum_{i=1}^m (K_i \cdot H_i),$$

где K_i – текущая стоимость основных фондов i – го сооружения канализации, трубопровода, здания и пр.;

H_i – норма амортизационных отчислений по i -му сооружению, трубопроводу, зданию и прочие, %.

Амортизационные отчисления для схемы с блоком осветлителей составляют

$$C_{ам} = 76632,4 \cdot 0,025 + 9768,0 \cdot 0,08 + 28175,5 \cdot 0,045 + 12813,5 \cdot 0,045 + 4976,5 \cdot 0,1 = 5039,4 \text{ тыс. руб.}$$

А.10 Затраты на текущий ремонт и прочие расходы

Затраты на текущий ремонт C_{mp} , тыс. руб, принимается в размере 1% от сметной стоимости строительства объекта и определяется

$$C_{mp} = 0,01 \cdot K ,$$

где K – сумма капитальных вложений в очистные и внеплощадочные сооружения системы бытовой канализации, тыс. руб.

$$C_{mp} = 0,01 \cdot 140907,9 = 1409 \text{ тыс.руб.}$$

Прочие расходы C_{np} , тыс. руб, принимаются в размере 20% от суммы амортизационных отчислений $C_{ам}$ и заработной платы обслуживающего персонала $C_{з/пл}$

$$C_{np} = 0,2 \cdot (C_a + C_{з/пл}),$$

$$C_{np} = 0,2 \cdot (14689,6 + 7544,2) = 4446,76 \text{ тыс.руб.}$$

Годовые эксплуатационные затраты составляют:

$$C = 1084,34 + 7544,2 + 2954,6 + 14689,6 + 6,87 + 825,65 + 1409 + 4446,76 = 32961 \text{ тыс.руб}$$

А.11 Себестоимость получения 1 м³ воды

Себестоимость 1 м³ воды, прошедших очистку, определяется

$$C / C_k = \frac{C}{Q_{год}} \text{ руб/м}^3 ,$$

$$C / C_k = \frac{32961}{1825} = 18,06 \text{ руб./ м}^3 .$$

где C – годовые эксплуатационные расходы, тыс.руб;

$Q_{год}$ – производительность очистных сооружений; 1825,0 тыс.м³/год .

А.12 Срок окупаемости проекта

Срок окупаемости

$$P = \frac{K}{C_{FR}}$$

где K – капитальные вложения 140907,9 тыс.руб/год;

C_{FR} – прибыль в год, тыс.руб.

Прибыль в год определяется по формуле

$$C_{FR} = (C - C/C) \cdot Q_{год}$$

где C – цена за 1 м³ воды;

C/C – себестоимость 1 м³ воды.

$$C = C/C \cdot 1,8 \cdot 1,2 = 18,06 \cdot 1,8 \cdot 1,2 = 39,0 \text{ руб./м}^3$$

$$C_{FR} = (39,0 - 18,06) \cdot 1825 = 38215,5 \text{ тыс.руб.}$$

$$P = \frac{140907,9}{38215,5} = 3,7 \approx 4 \text{ года.}$$

Срок окупаемости проекта составит 4 года.

Технико-экономические показатели проекта приведены в таблице А.9.

Таблица А.9 – Технико-экономические показатели

Наименование показателей	Ед. изм.	Схема с блоком осветителей. Количество
Производительность	тыс. м ³ /год	1825,0
Обслуживающий персонал	чел.	40
Капитальные вложения	тыс. руб.	140907,9
Эксплуатационные затраты	тыс. руб./год	38215,5
В том числе:		
Заработная плата	тыс. руб./год	7544,2
Реагенты и материалы	тыс. руб./год	1084,34
Электроэнергия	тыс. руб./год	2954,6
Вода	тыс. руб./год	6,87
Тепловая энергия	тыс. руб./год	825,65
Амортизация	тыс. руб./год	5039,4
Текущий ремонт	тыс. руб./год	1409
Прочие затраты	тыс. руб./год	4446,76
Срок окупаемости	год	4
Себестоимость	руб./м ³	18,06

ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНТИТУТ

Инженерных систем зданий и сооружений

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой ИСЗиС
Инженерно-строительного
института

_____ Г.В. Сакаш

« » _____ 2017 г.

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы**

Студент: Жавнер Татьяна Викторовна
Группа: ЗИЭ 12-21Б
Профиль: 08.03.01.06 «Водоснабжение и водоотведение».

Тема выпускной квалификационной работы: «Водоснабжение промышленного предприятия»

Утверждена приказом по университету №7654/с от 07.06.2017 г.
Руководитель ВКР: Халтурина Т.И. к.х.н., профессор кафедры ИСЗиС

Данные для ВКР:

промышленное предприятие предназначенное для выпуска оптических приборов. Район строительства объекта город Белорецк республики Башкортостан. Источник водоснабжения на производственные нужды – поверхностные воды реки Белой. Расход производственной воды 93 л/с. Качество воды в источнике: мутность – 280 мг/л; цветность – 10-20 град.; жесткость 2-4 мг-экв/л; окисляемость – 2,08 – 5,46 мгО/л; хлориды – 40 мг/л.

Перечень вопросов, рассматриваемых в ВКР:

Расчет водоприемных сооружений. Расчет и проектирование водоочистных сооружений. Гидравлический расчет сетей. Техничко-экономическое обоснование.

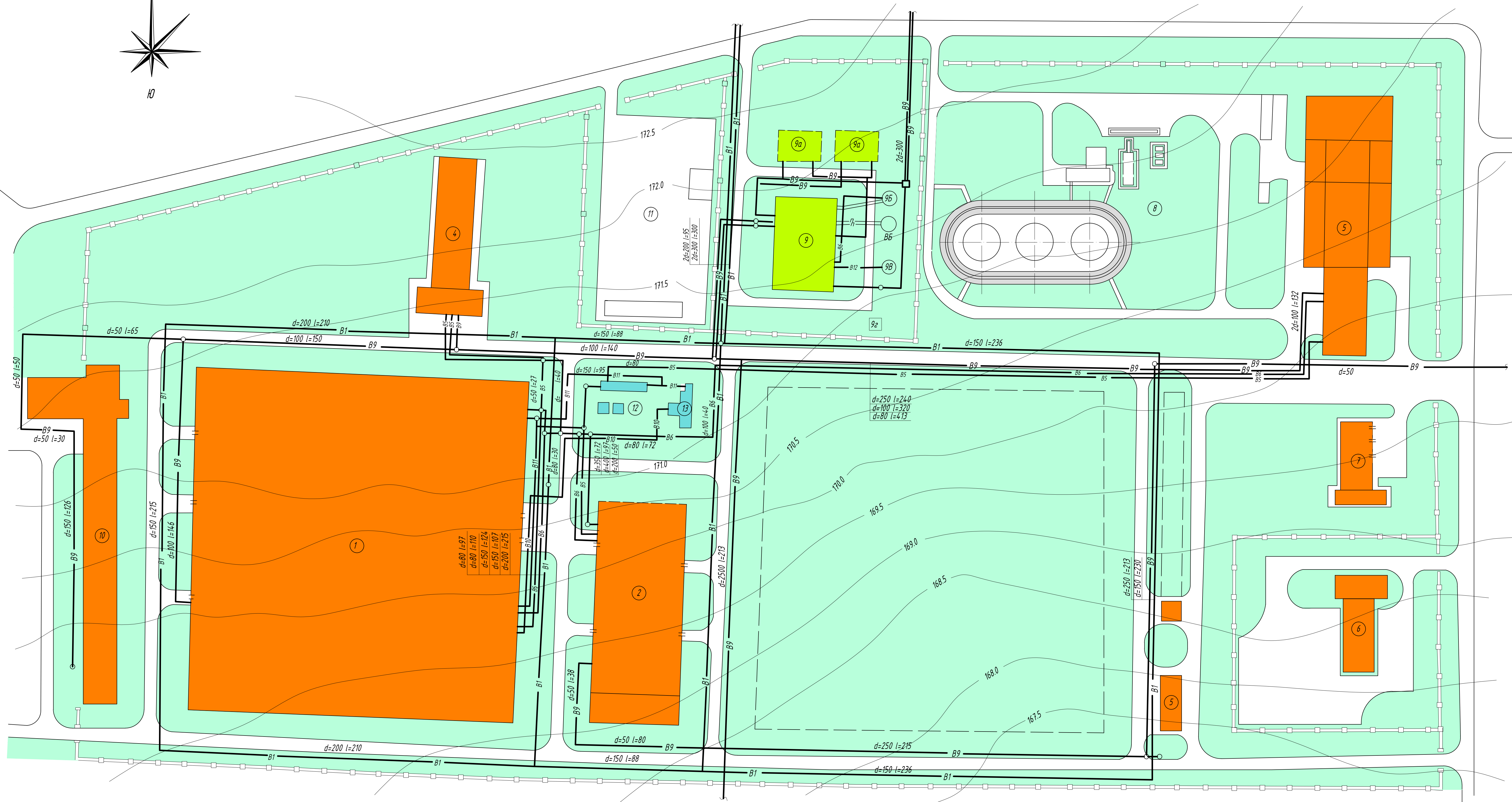
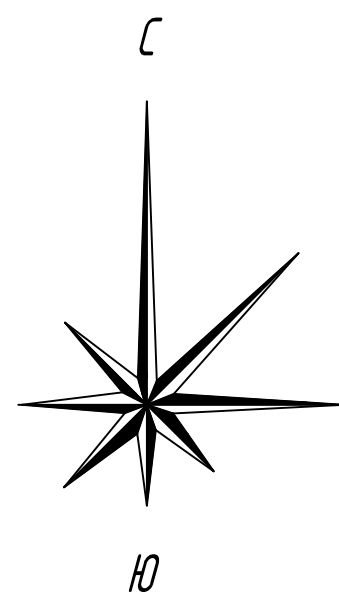
Перечень графического материала с указанием основных чертежей и (или) иллюстративного материала:

Лист 1 Генплан завода;
Лист 2 Водозаборные сооружения;
Лист 3 Высотная схема движения воды;
Лист 4 Водоочистная станция. Зал осветлителей и фильтров;
Лист 5 Насосная станция второго подъема;
Лист 6 Техничко-экономические показатели.

Руководитель ВКР	_____	Т.И. Халтурина
Задание принял к исполнению	_____	Т.В. Жавнер

«___» _____ 2017 г.

Генплан завода М 1:1000



Экспликация здания

Обоз.	Наименование
1	Производственный корпус
2	Энергоблок
3	Котельная
4	Цех нестандартного оборудования
5	Склад ЛВЖ
6	Гараж на 50 автомашин
7	Пождепо на 4 автомашины
8	Мазутное хозяйство
9	Водоочистная станция
9а	Резервуар чистой воды W=1000м³ - 2шт.

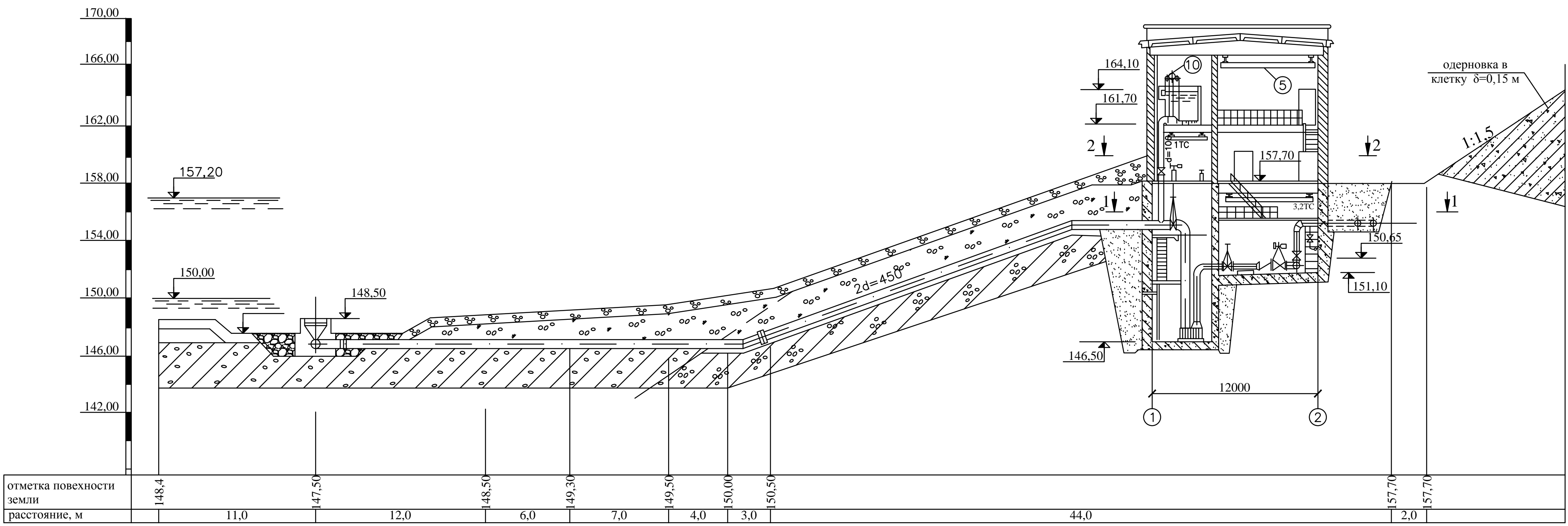
Обоз.	Наименование
9б	Резервуар промывной воды
9в	Резервуар осадка
9г	Хлораторная
10	Административно-бытовой корпус
11	Сливная понижающая подстанция
12	Насосная станция оборотного водоснабжения
13	Отчислительные сооружения загрязненных вод

Условные обозначения

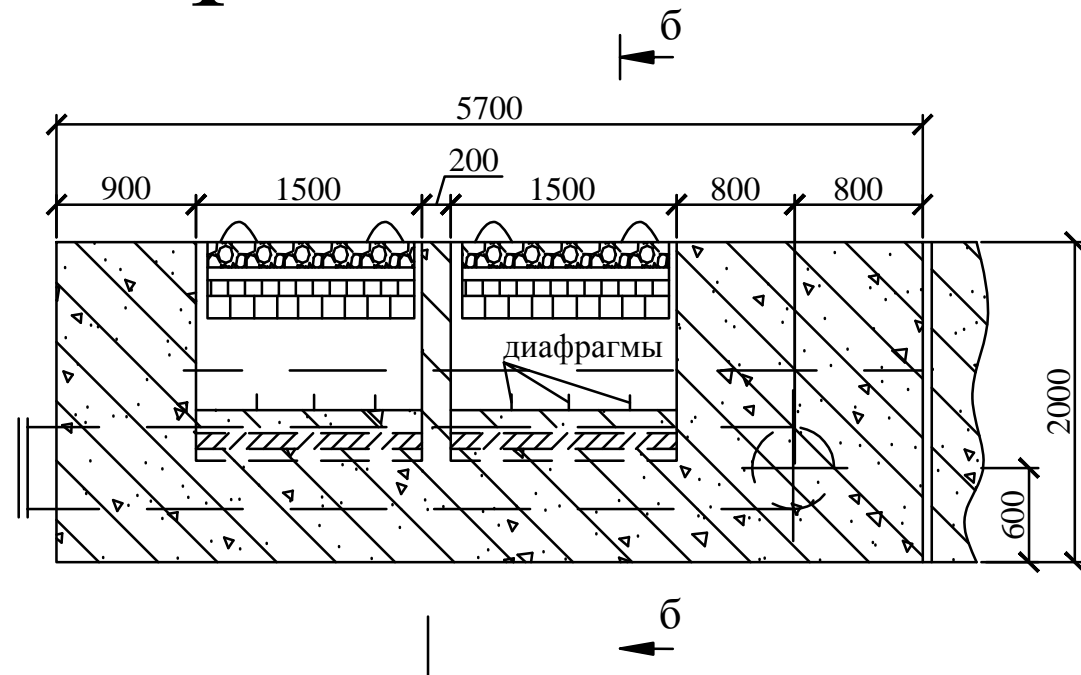
—В1—	хозяйственно-питьевой водопровод
—В9—	производственный водопровод
—В5—	трубопровод охлажденной воды
—В6—	трубопровод нагретой воды
—В10—	трубопровод очищенной воды оборотного водоснабжения загрязненных вод
—В11—	трубопровод загрязненных вод
В6	водонапорная башня

						ВКР-08.03.01.00.06-2017			
						Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт			
Изм.	Колп.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Водоснабжение промышленного предприятия	Стадия	Лист	Листов
Разраб.	Хабвер							1	6
Руковод.	Халтурина					Генплан завода	Кафедра ИСЭиС		
Консульт.	Халтурина								
Н.контр.	Халтурина								
Зав.каф.	Сакан								

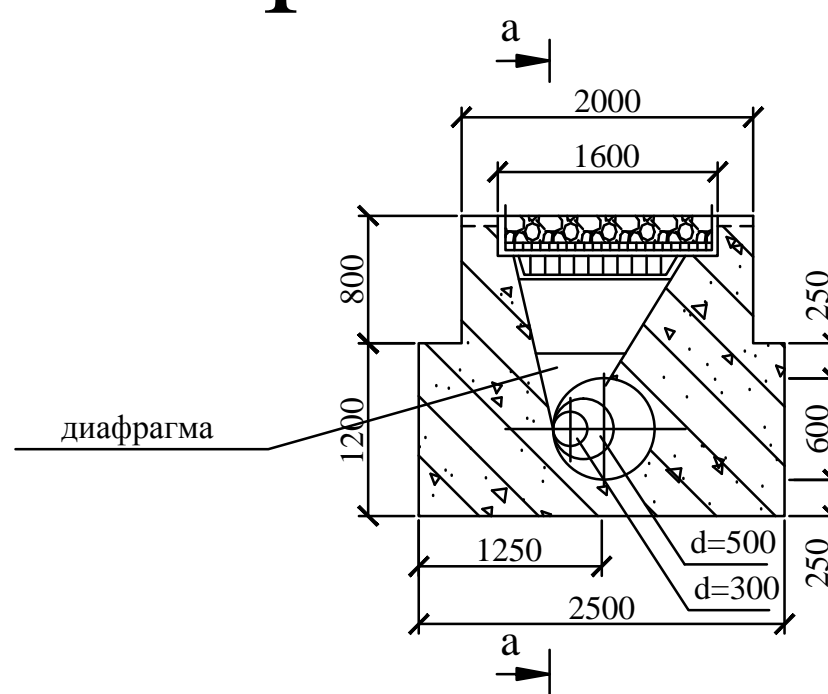
Продольный разрез М 1:200



Разрез а-а М 1:50



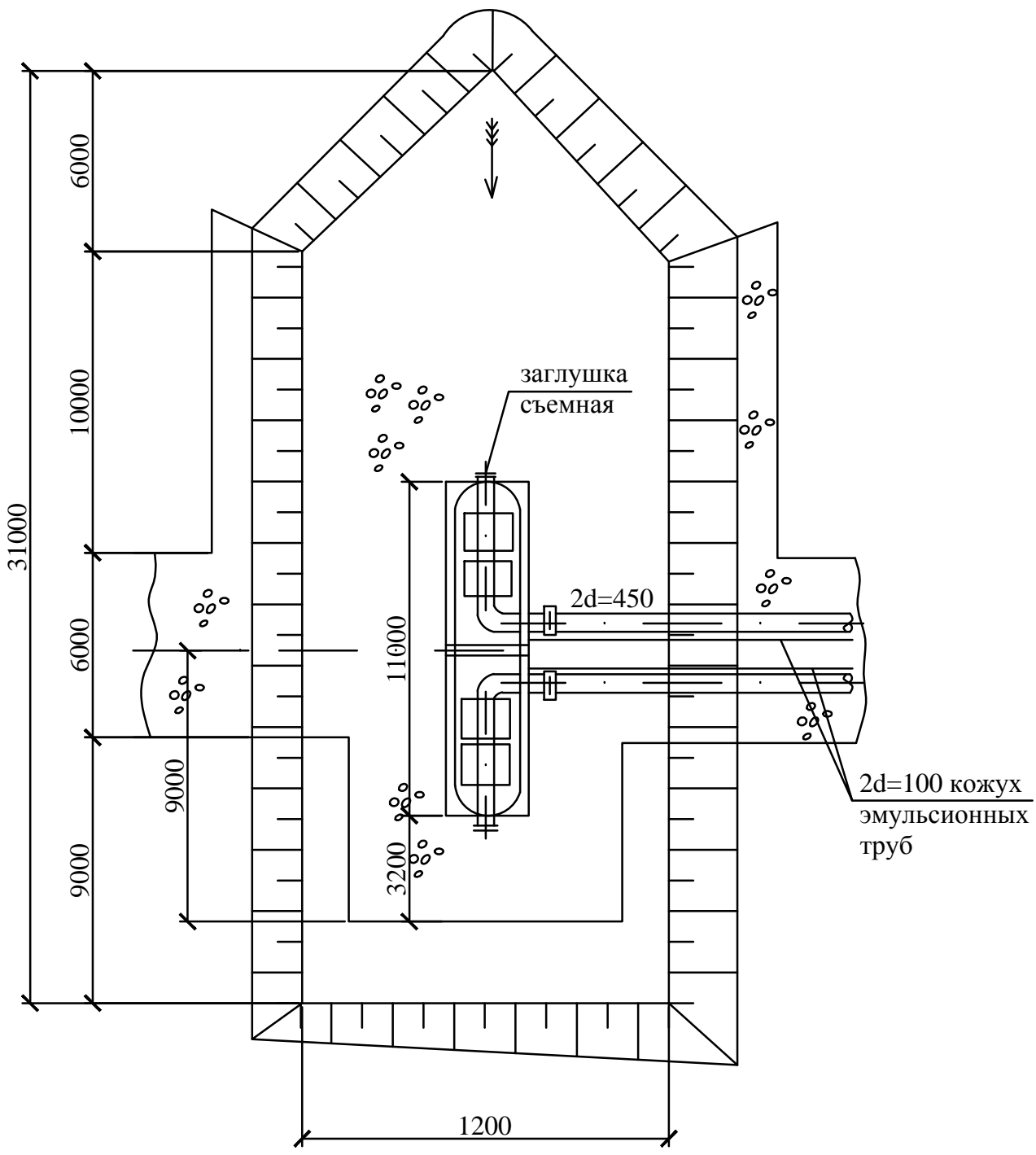
Разрез б-б М 1:50



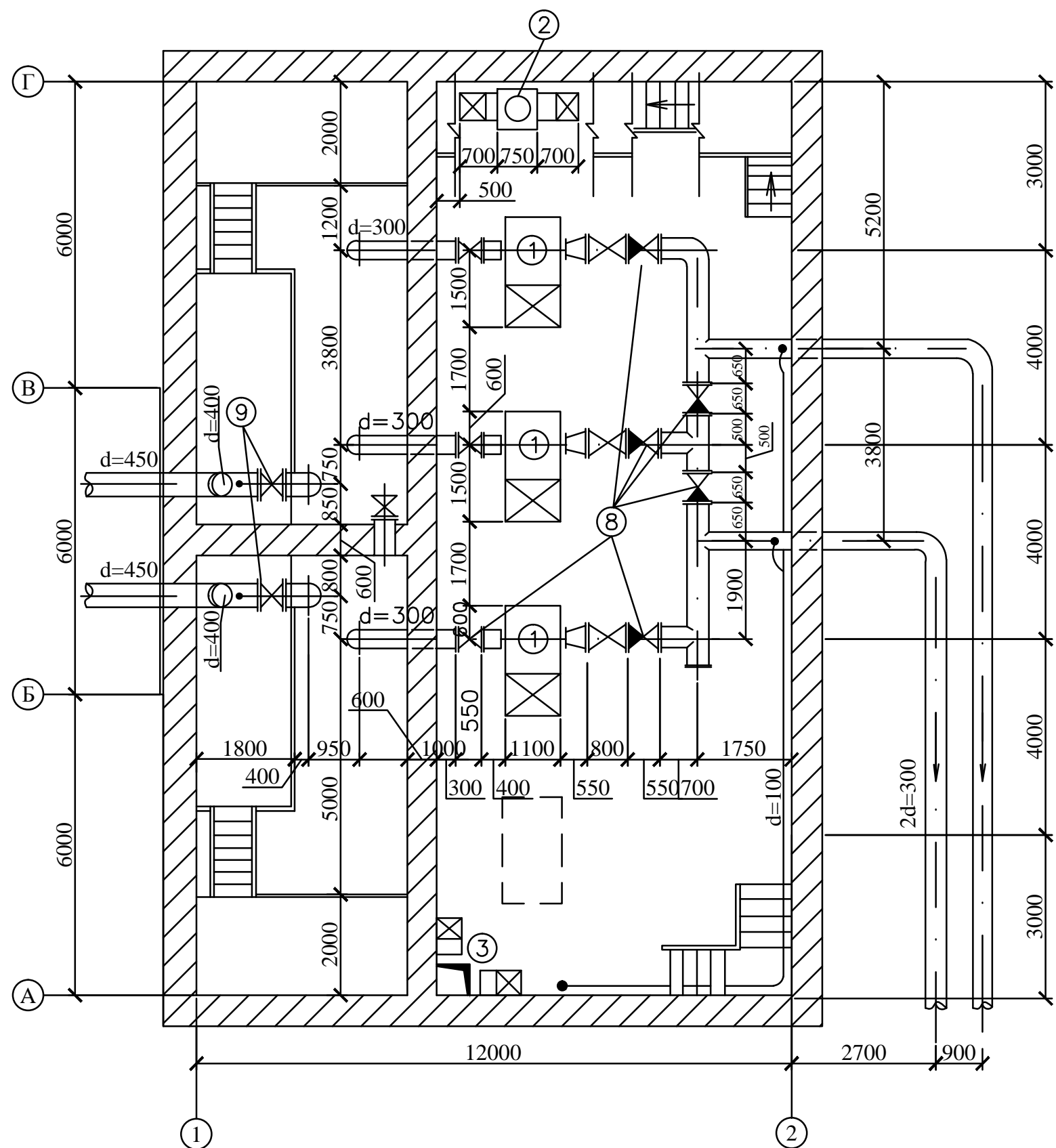
Спецификация

Об.	Наименование	Марка	Завод - изготовит.	Кол.	Вес, кг	
					един.	всего
1	Центробежный насос Q=320м³/час Н=50м эл. двигатель N=75кВт	Д320-50	Ливгидромаш	3	1852	5556
2	2-агрегатная вакуумная установка: вакуум-насос ВВН-1-0,75 эл. двигатель N=2,2кВт	ВВН-1-0,75	Ливгидромаш	2	90	180
3	2-агрегатная дренажная установка: центробежный насос Q= 5,6; Н=16м. эл.двигатель N=1,5 кВт	ВКС 1/16 АОЛ 2-22-4	Ливгидромаш	2	49,2	98,4
4	Передвижной стр. насос Q=100м³/час Н=16м дизель N=3л.с. n=1200 об/мин	С-245 Т-62-1	Андижанский завод	1	795	795
5	Кран подвесной ручной однобалочный г/п=3,2Тс L=6,6м		Пышминский кр. завод	1	1380	1380
6	Кран подвесной ручной однобалочный г/п=3,2Тс L=6,6м		Красногв. кр. завод	1	679	679
7	Кран подвесной ручной однобалочный г/п=1Тс ,L=3,6м		Красногв. кр. завод	1	274	274
8	Задвижка с эл. приводом d=300,P=10кгс/см²	304915р	Курганский арм. завод	8	450	3600
9	Задвижка с эл. приводом d=450,P=10кгс/см²	304906р	Курганский арм. завод	2	900	1800
10	Хлопушка с эл.-мехю приводом	индив. изгот.				

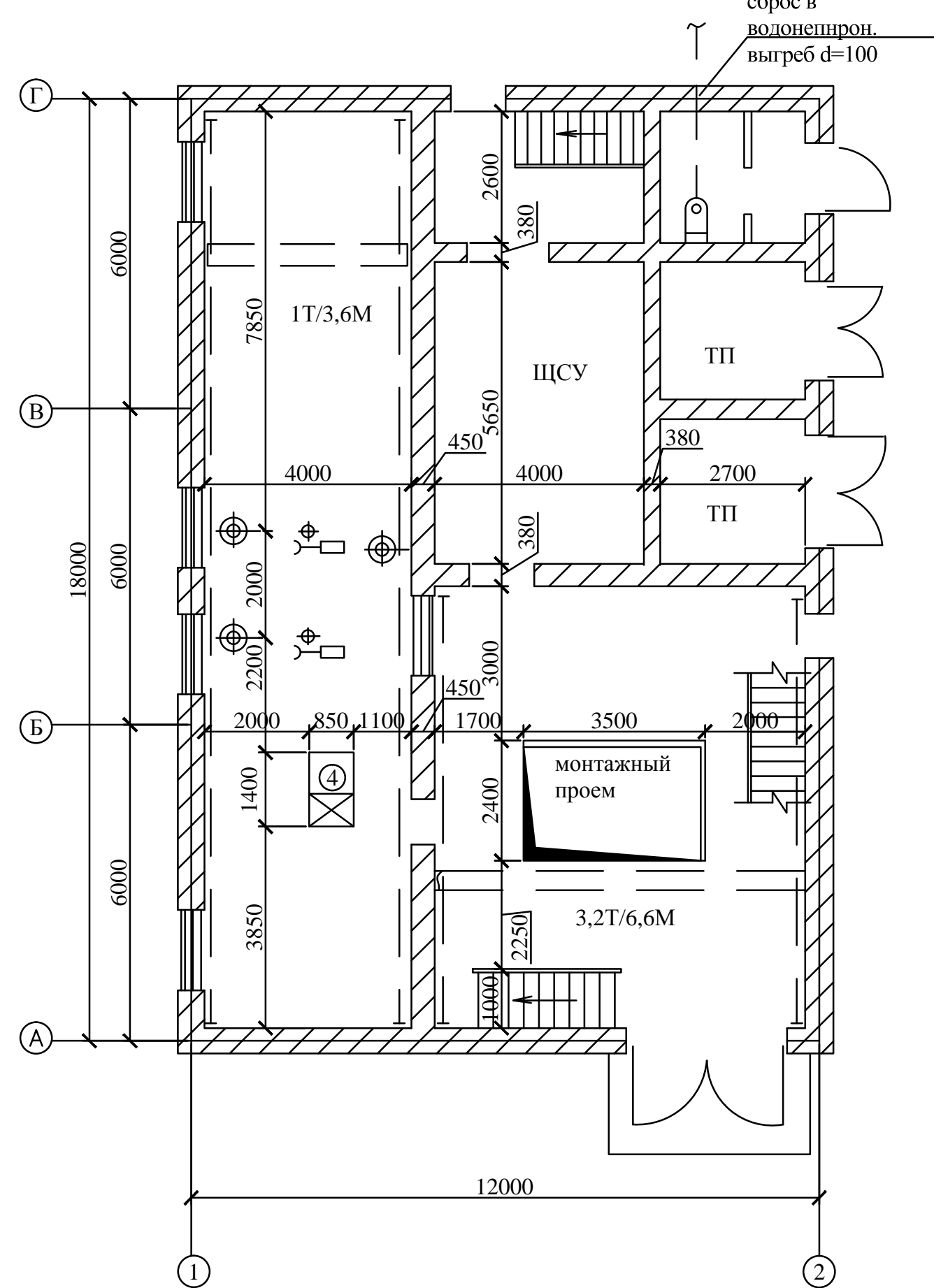
План оголовка М 1:200



Разрез 1-1 М 1:100

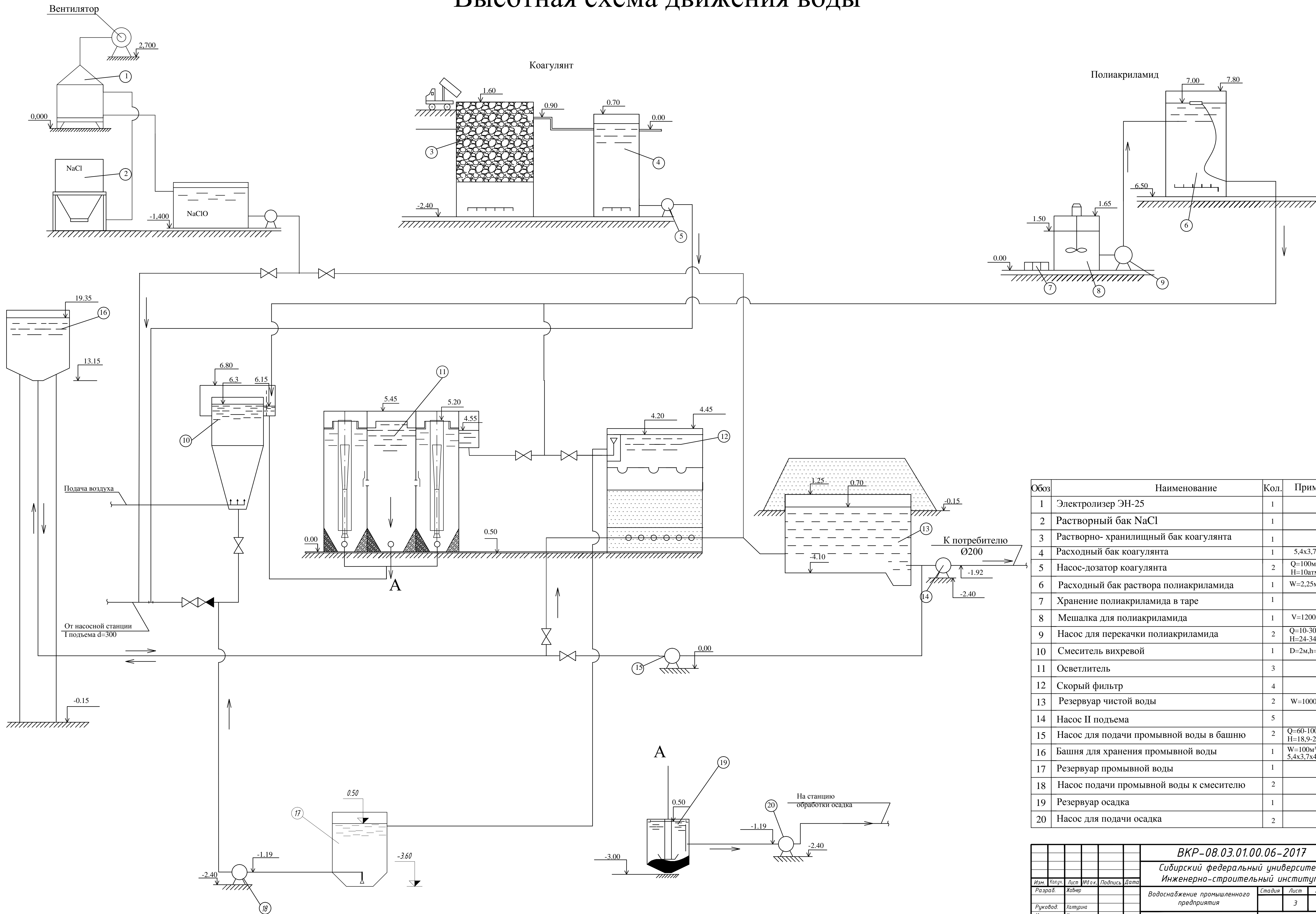


Разрез 2-2 М 1:100



						ВКР-08.03.01.00.06-2017			
						Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт			
Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Водоснабжение промышленного предприятия	Стадия	Лист	Листов
Разраб.	Жабер								2
Руковод.	Халтурина					Водогазорные сооружения	Кафедра ИСЗиС		
Консульт.	Халтурина								
Н.контр.	Халтурина								
Зав.каф.	Сагаи								

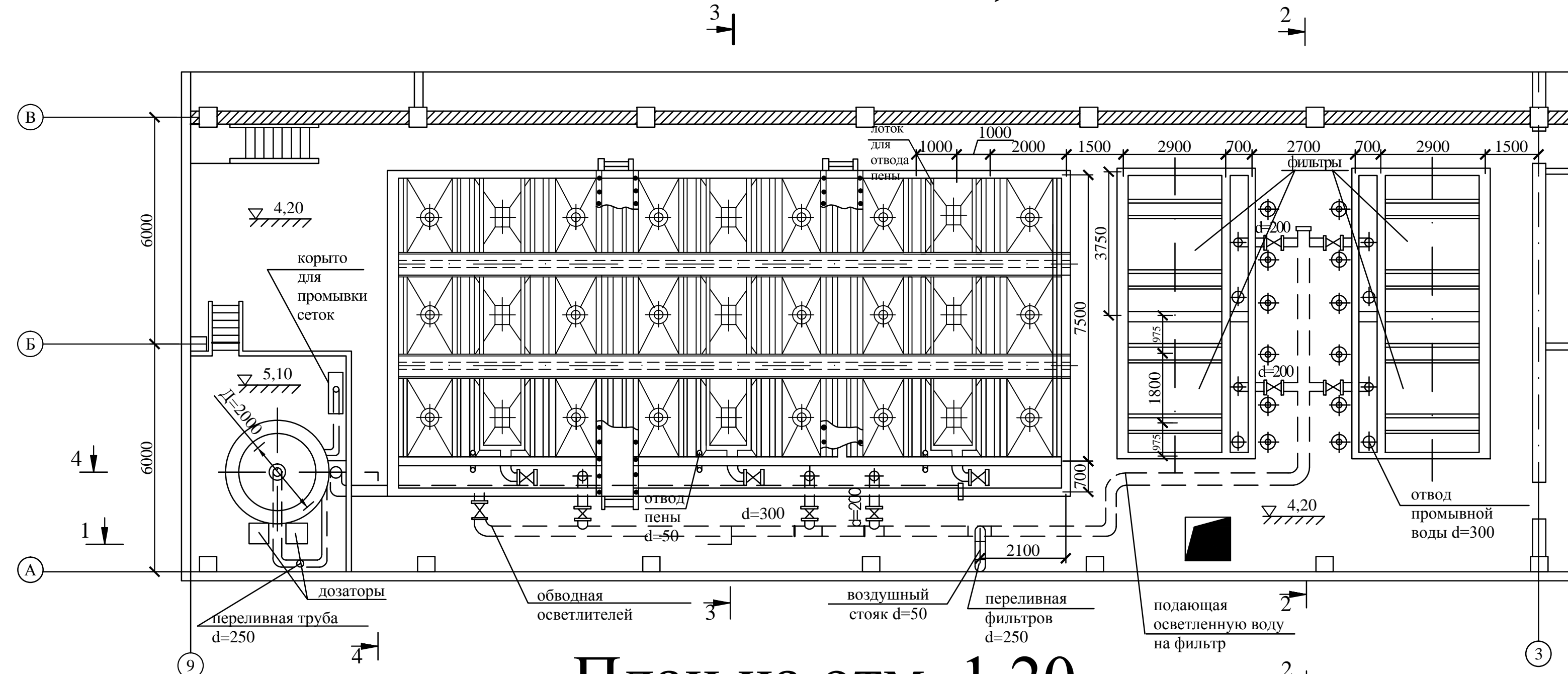
Высотная схема движения воды



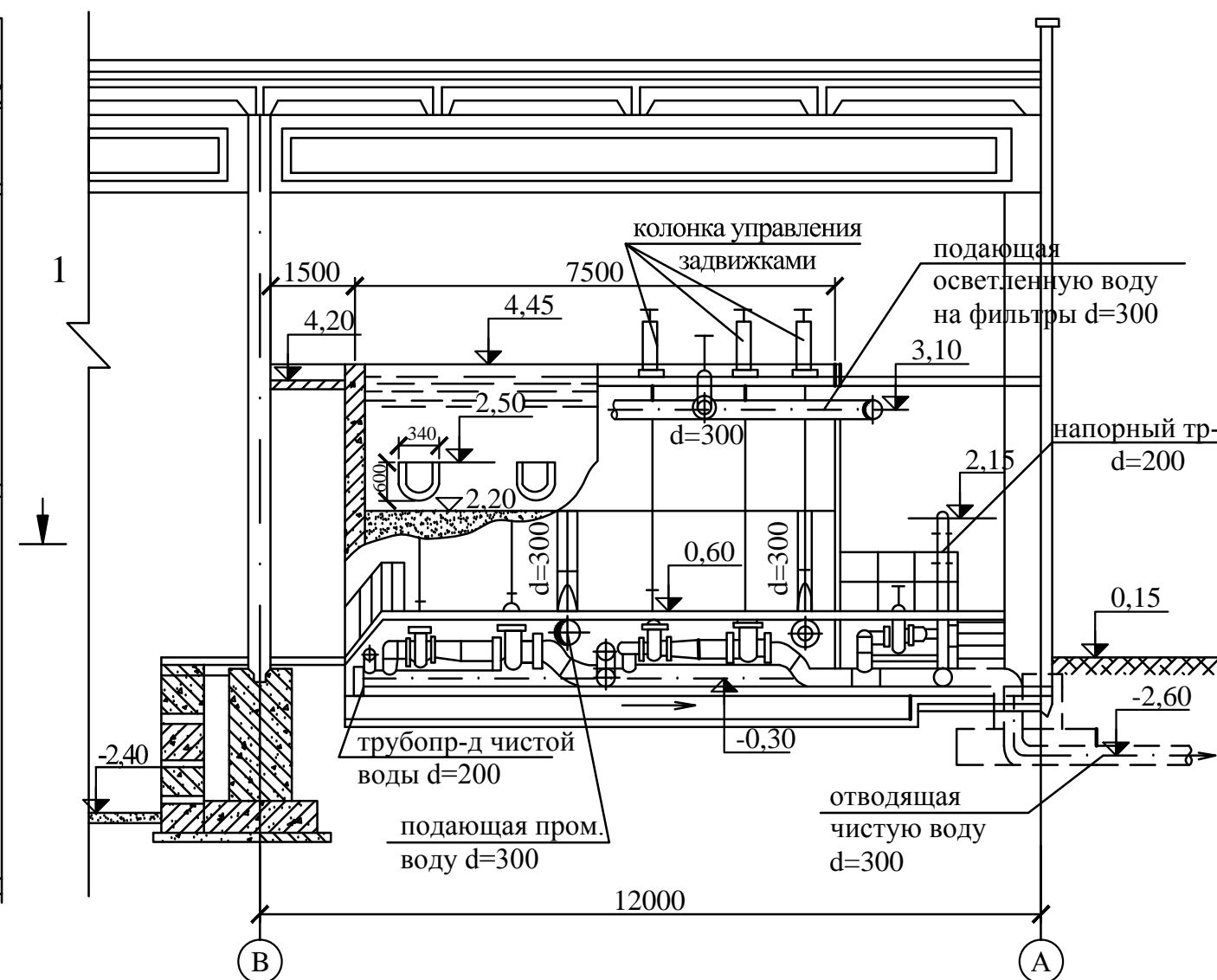
Обоз	Наименование	Кол.	Примеч.
1	Электролизер ЭН-25	1	
2	Растворный бак NaCl	1	
3	Растворно-хранилищный бак коагулянта	1	
4	Расходный бак коагулянта	1	5,4х3,7х4м
5	Насос-дозатор коагулянта	2	Q=100м³/ч H=10атм
6	Расходный бак раствора полиакриламида	1	W=2,25м³
7	Хранение полиакриламида в таре	1	
8	Мешалка для полиакриламида	1	V=1200л
9	Насос для перекачки полиакриламида	2	Q=10-30м³/ч H=24-34,5м
10	Смеситель вихревой	1	D=2м, h=3,7м
11	Осветлитель	3	
12	Скорый фильтр	4	
13	Резервуар чистой воды	2	W=1000м³
14	Насос II подъема	5	
15	Насос для подачи промывной воды в башню	2	Q=60-100м³/ч H=18,9-25,7м
16	Башня для хранения промывной воды	1	W=100м³ 5,4х3,7х4м
17	Резервуар промывной воды	1	
18	Насос подачи промывной воды к смесителю	2	
19	Резервуар осадка	1	
20	Насос для подачи осадка	2	

						ВКР-08.03.01.00.06-2017			
						Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт			
Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Водоснабжение промышленного предприятия	Стадия	Лист	Листов
Разраб.		Хабвер							3
Руковод.		Халтурина				Высотная схема движения воды	Кафедра ИСЭиС		
Консульт.		Халтурина							
Н.контр.		Халтурина							
Зав.каф.		Сакан							

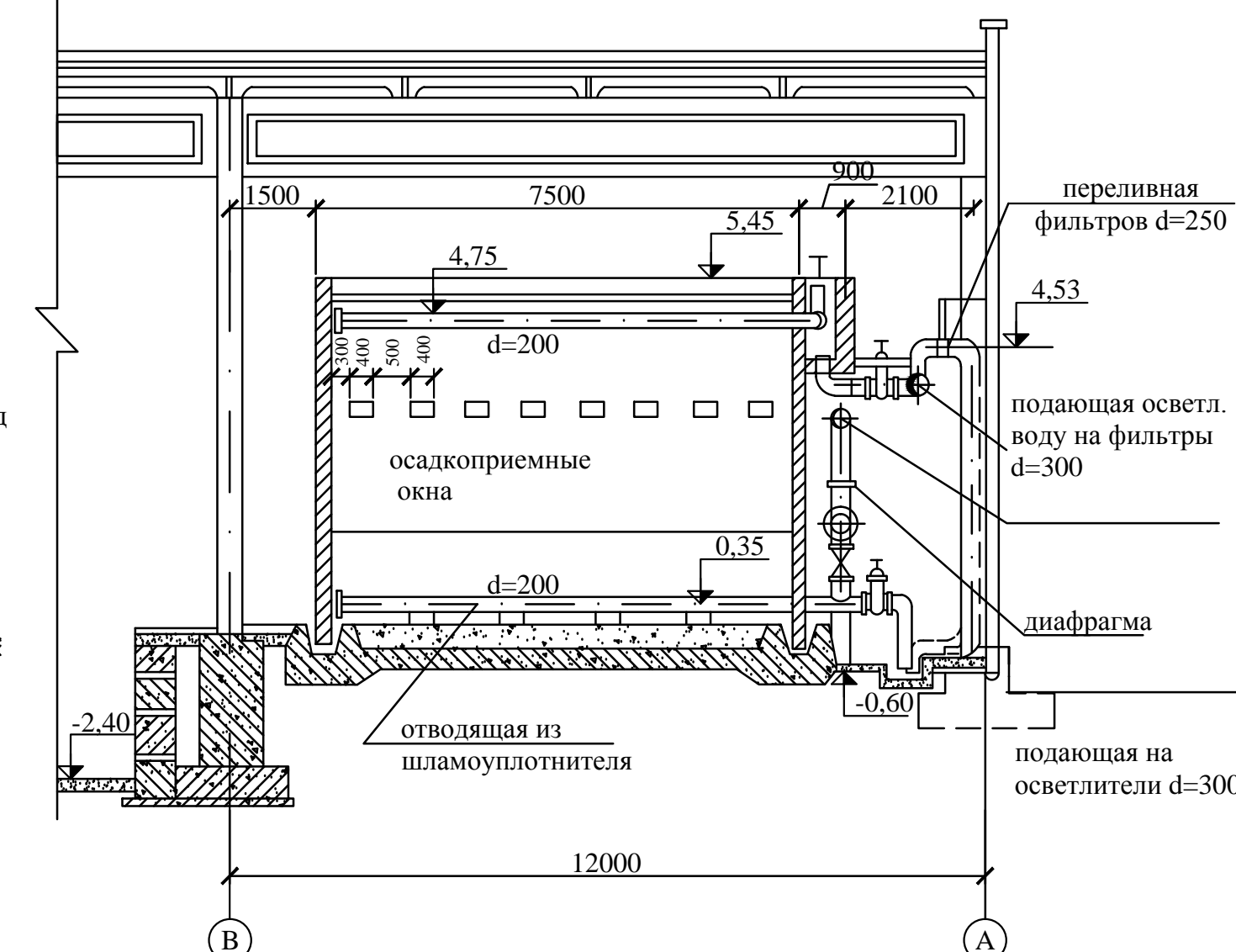
План на отм. 4,20



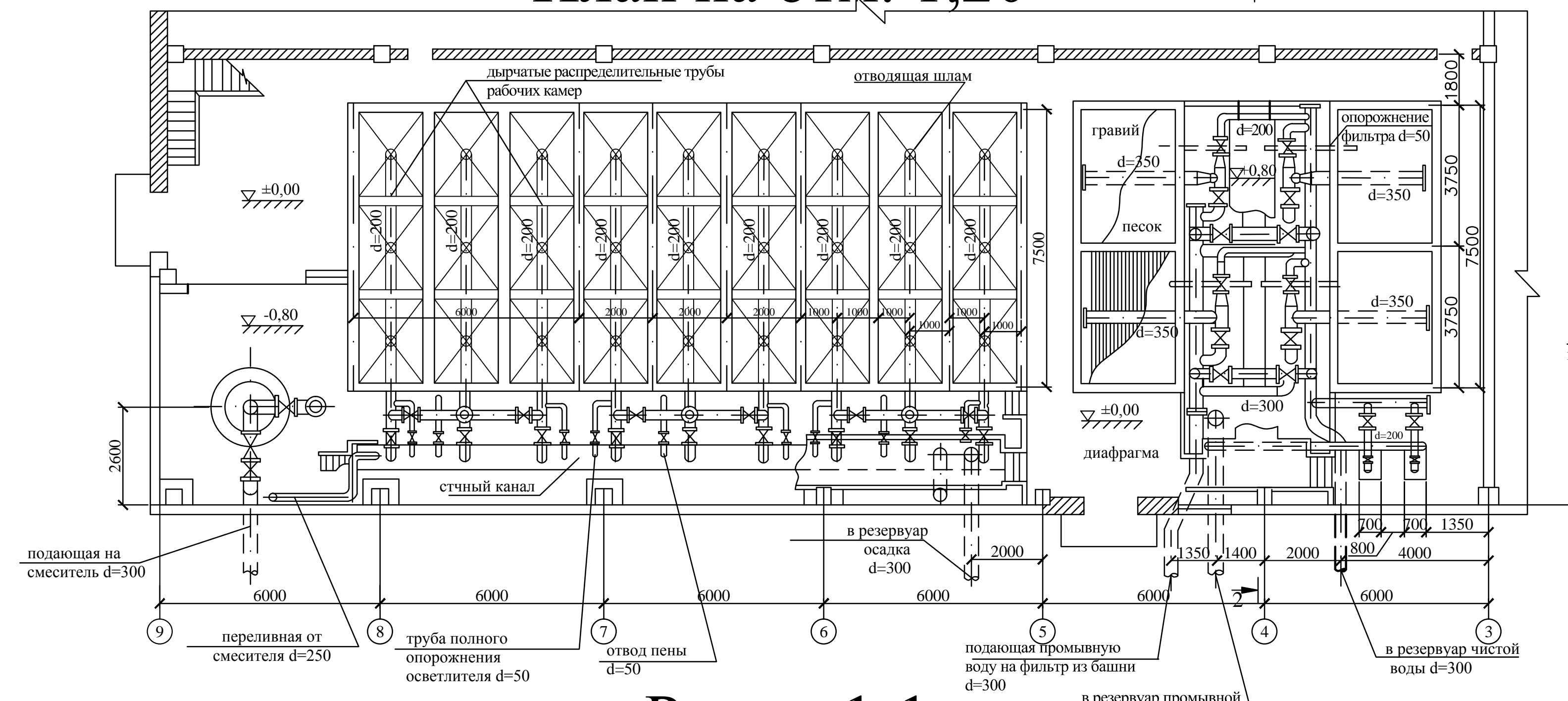
Разрез 2-2



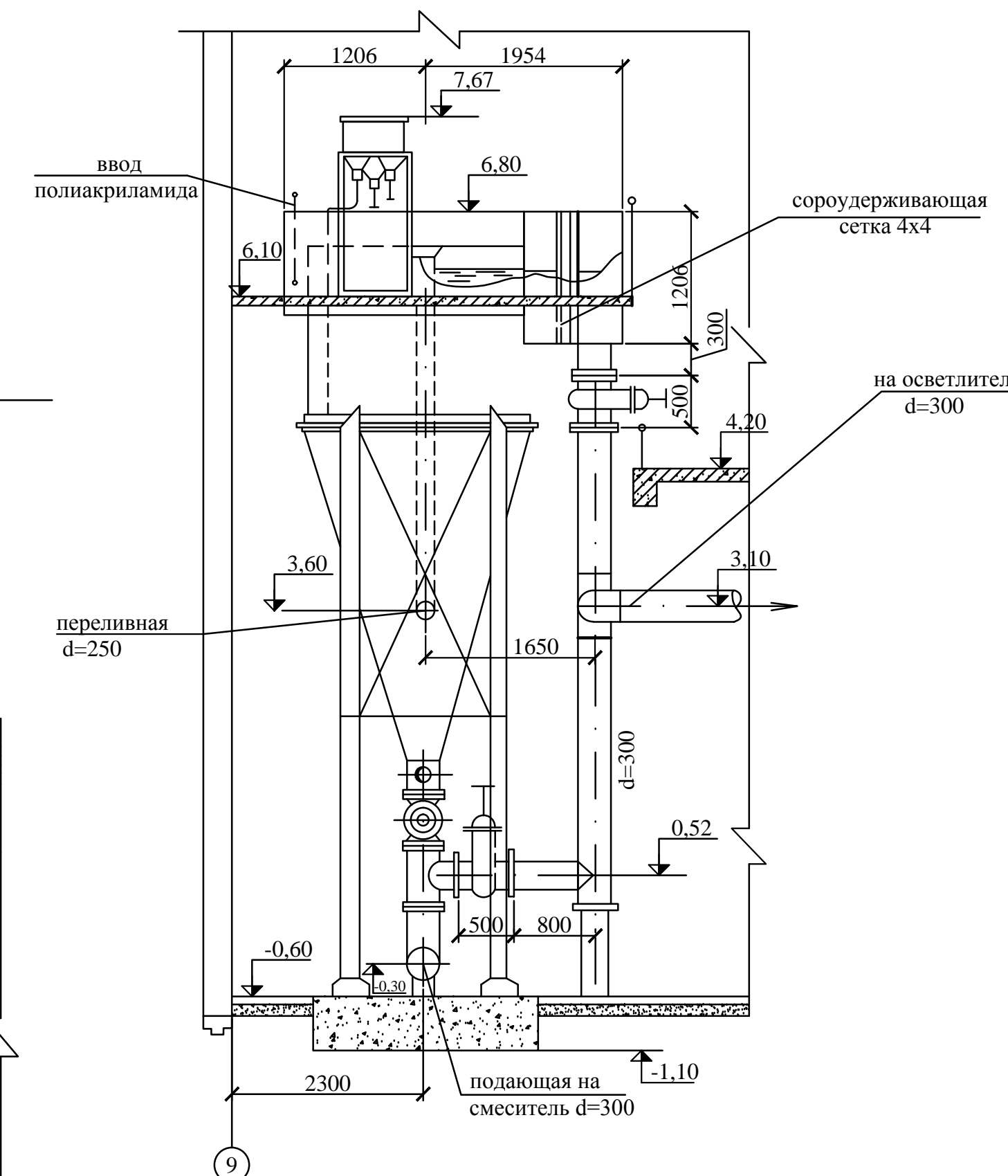
Разрез 3-3



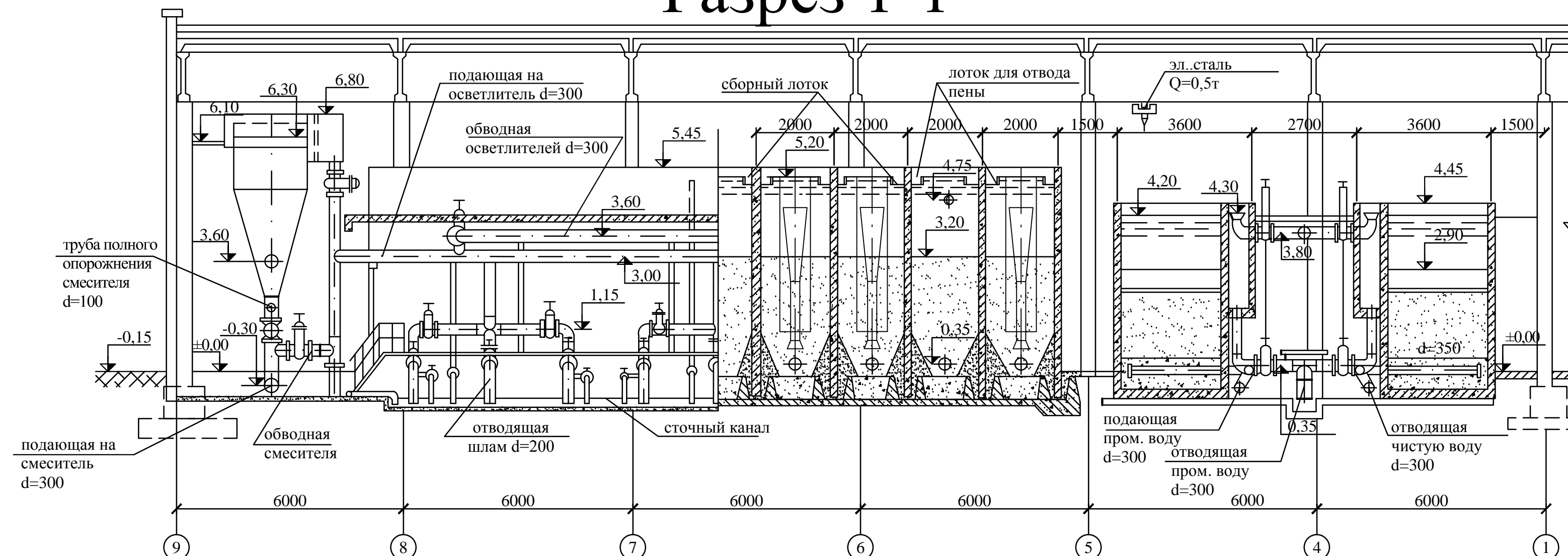
План на отм. 1,20



Разрез 4-4 М 1:50



Разрез 1-1

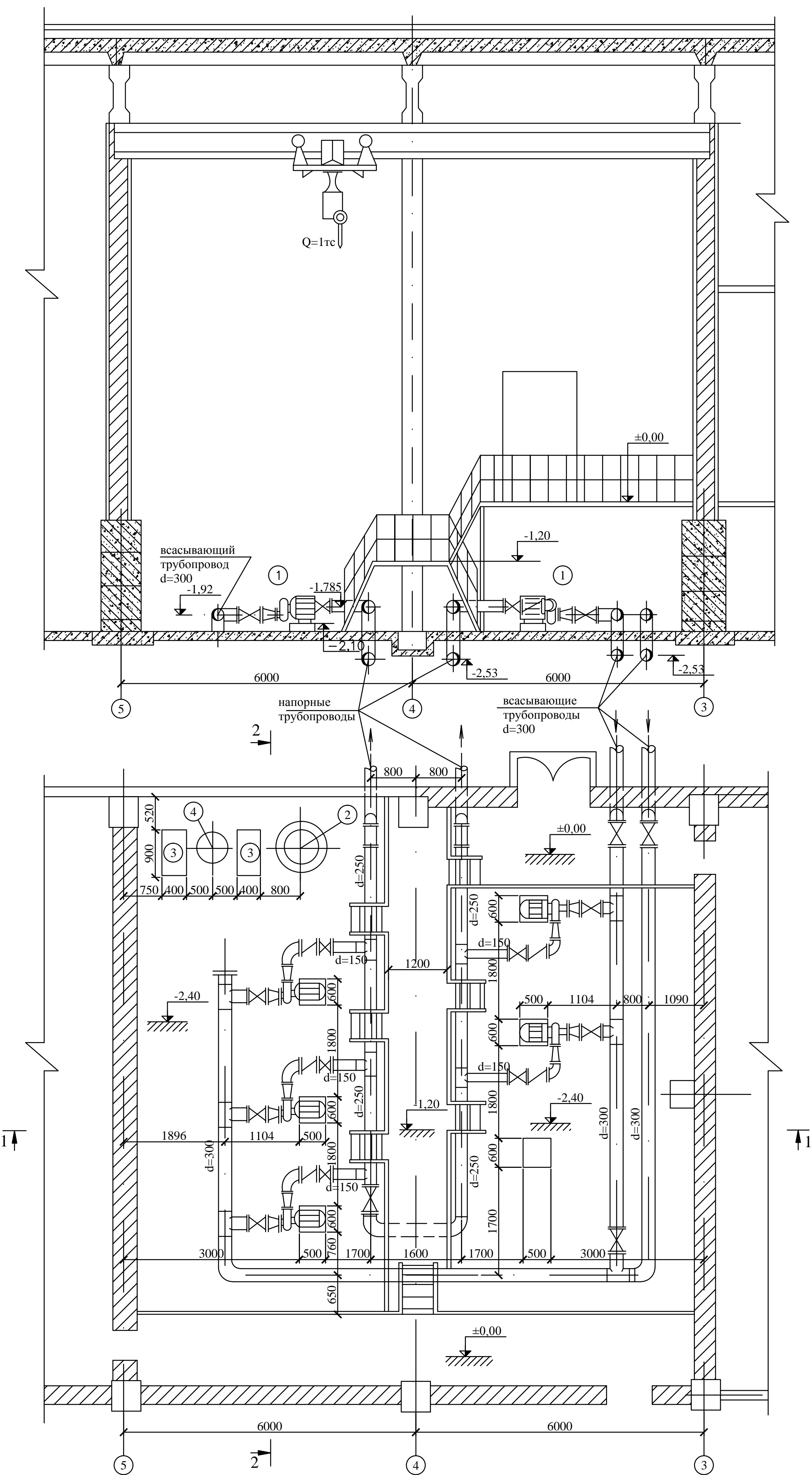


Спецификация

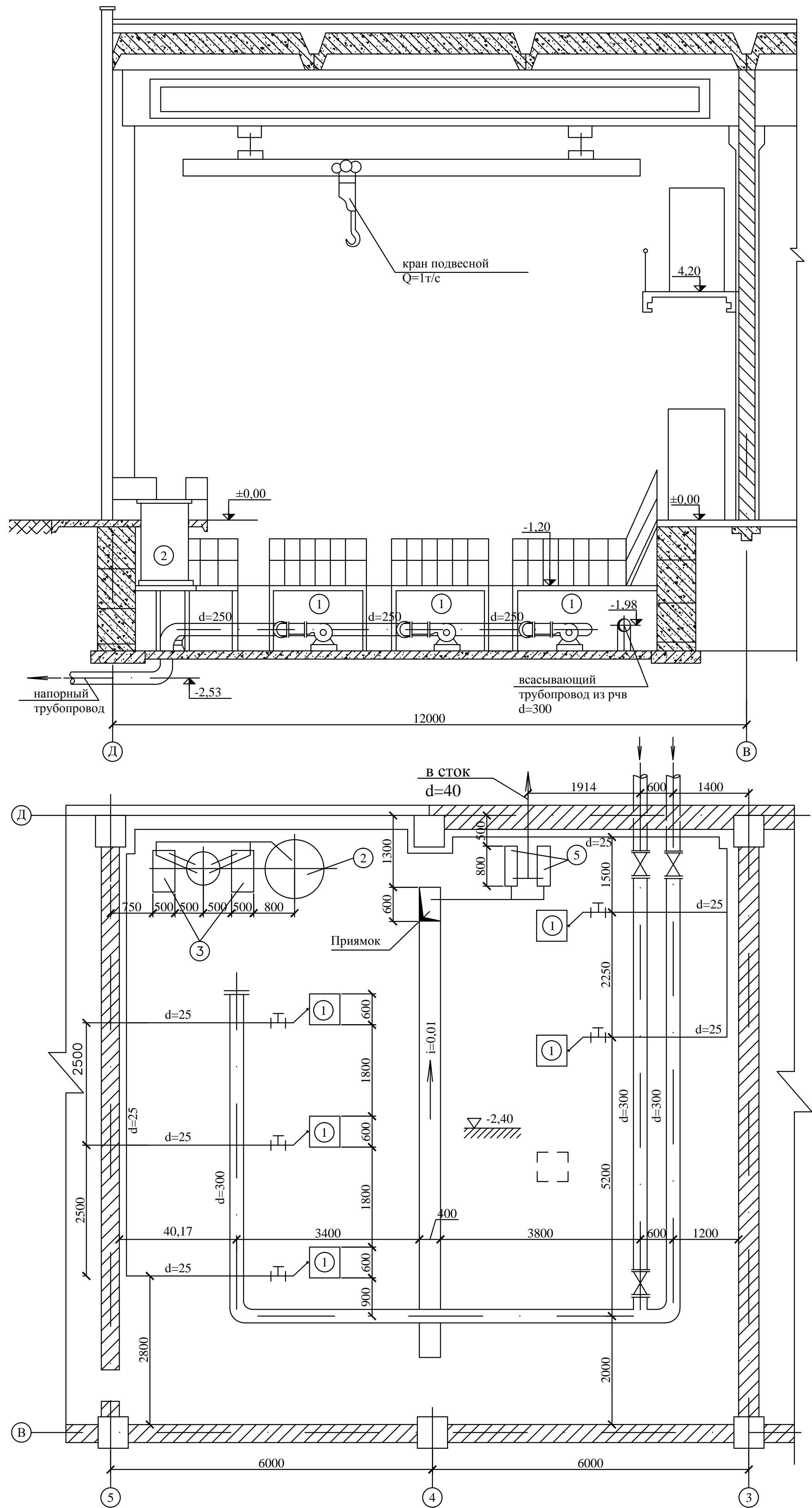
N п/п	Наименование	ГОСТ	ед. изм.	Кол- во	Вес, кг	
					ед.	общ.
1	Трубы стальные d=50мм	3262-75	мм	95	8,05	765
2	Трубы стальные d=100мм	3262-75	мм	215	12,15	2613
3	Трубы стальные d=200мм	8732-70	мм	250	36,6	9150
4	Трубы стальные d=250мм	8732-70	мм	250	58,62	14655
5	Трубы стальные d=300мм	8732-70	мм	665	70,14	46643
6	Задвижка чугунная с ручным управлением параллельные с выдвигным шпинделем H=525мм d=100мм	3046бк	шт	20	39,5	790
7	H=900мм; d=200мм	3046бк	шт	42	119,0	4998
8	H=1090мм; d=250мм	3046бк	шт	16	186,0	2979
9	H=1285мм; d=300мм	3046бк	шт	21	253,0	5313
11	Фланцы стальные с выступом d=215мм	1235-67	шт	40	4,72	189
12	d=335мм	1235-67	шт	84	13,24	1113
13	d=385мм	1235-67	шт	32	18,16	581
14	d=440мм	1235-67	шт	42	23,5	987

						ВКР-08.03.01.00.06-2017				
						Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт				
Изм.	Колуч.	Лист	№ в к.	Подпись	Дата	Водоснабжение промышленного предприятия	Стадия	Лист	Листов	
Разраб.	Хавьер							4	6	
Руковод.	Холтушина						Водоочистная станция. Зал осветлителей и фильтров	Кафедра ИСЭиС		
Консульт.	Холтушина									
Н.контр.	Холтушина									
Зав.каф.	Глечи									

Разрез 1-1



Разрез 2-2



Спецификация

N п/п	Наименование	ГОСТ	ед. изм.	Кол- во	Вес, кг	
					ед.	общ.
1	Трубы стальные водогазопроводные d=25мм	3262-75	м	40	2,39	96
2	Трубы стальные d=250мм	8732-70	м	18	53,37	961
3	Трубы стальные d=300мм	8732-70	м	35	70,14	2455
4	Вентиль запорный муфтовый 15кч18п2	18161-72	шт	5	1,4	7,0
5	Задвижка чугунная 30ч6бк параллельная с выдвижным шпинделем d=250мм	8437-75	шт	3	186	96
6	Задвижка чугунная 30ч6бк параллельная с выдвижным шпинделем d=300мм	8437-75	шт	8	253	2024
7	Трубы стальные d=150мм	3262-75	м	5	17,81	89
8	Фланцы стальные с выступом d=440мм	1235-67	шт	10	23,53	235
9	Фланцы стальные с выступом d=280мм	13252-73	шт	10	10,07	101
10	Клапаны обратные чугунные поворотные 19с17нж d=150мм	13252-73	шт	5	82	410

Экспликация

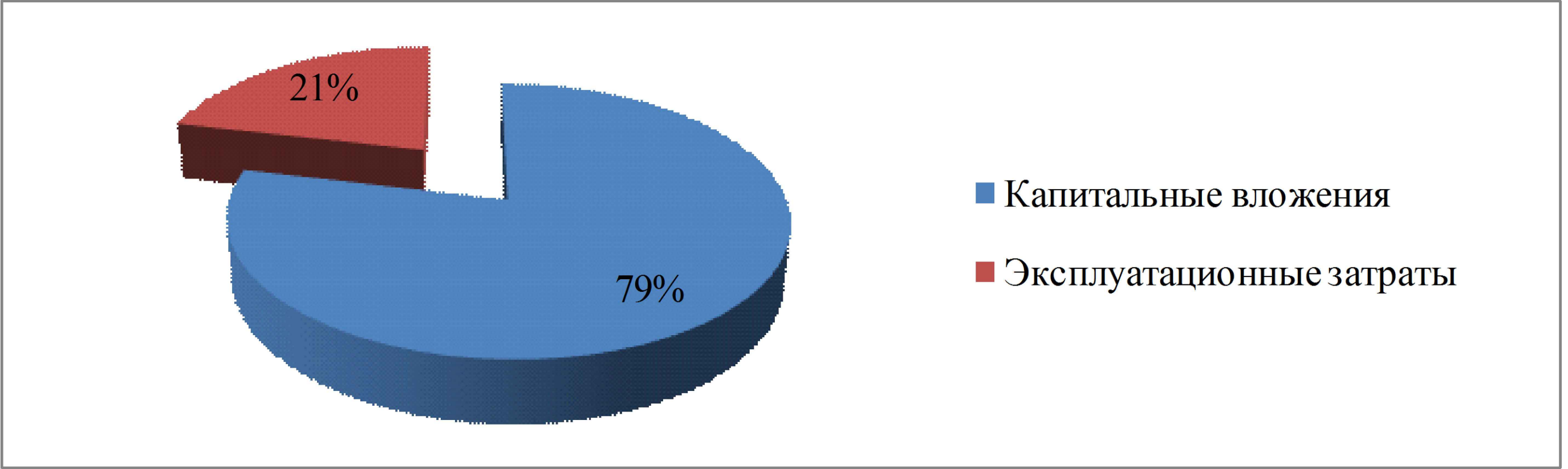
Обоз	Наименование	Кол.	Тип	Примеч.
1	Насос центробежный	5	КМ-120-65-200	
2	Вакуум-котел	1		
3	Вакуум-насос	2	КВН-8	
4	Циркуляционный бак	1		
5	Дренажный насос	2	ВКС-1/16	

ВКР-08.03.01.00.06-2017					
Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт					
Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата
Разраб.	Жабер				
Руковод.	Халтурина				
Консульт.	Халтурина				
Н.контр.	Халтурина				
Зав.каф.	Сакаш				
Водоснабжение промышленного предприятия				Стадия	Лист
Насосная станция второго подъема.				5	6
План на отм. ±0,00				Кафедра ИСЭиС	

Технико-экономические показатели

Наименование показателей	Единица измерения	Количество
Производительность	тыс. м/год	1825,0
Обслуживающий персонал	человек	40
Капитальные вложения	тыс. руб	140907,9
Эксплуатационные затраты	тыс. руб/год	38215,5
В том числе:		
Заработная плата	тыс. руб/год	7544,2
Реагенты и материалы	тыс. руб/год	1084,34
Электроэнергия	тыс. руб/год	2954,6
Вода на собственные нужды	тыс. руб/год	6,87
Тепловая энергия	тыс. руб/год	825,65
Амортизационные отчисления	тыс. руб/год	5039,4
Текущий ремонт	тыс. руб/год	1409
Прочие расходы	тыс. руб/год	4446,76
Себестоимость получения 1м³ воды	руб/м³	18,06
Срок окупаемости	лет	4

Распределение затрат на реализацию проекта в процентном соотношении



Распределение эксплуатационных затрат по статьям расходов в процентном соотношении

